

**KONINKLIJKE ACADEMIE  
VOOR OVERZEESE  
WETENSCHAPPEN**

Onder de Hoge Bescherming van de Koning

**MEDEDELINGEN  
DER ZITTINGEN**

Driemaandelijksse publikatie

**ACADÉMIE ROYALE  
DES SCIENCES  
D'OUTRE-MER**

Sous la Haute Protection du Roi

**BULLETIN  
DES SÉANCES**

Publication trimestrielle

1974 - 2

600 F

## BERICHT AAN DE AUTEURS

De K.A.O.W. publiceert de studies waarvan de wetenschappelijke waarde door de betrokken Klasse erkend werd, op verslag van één of meerdere harer leden (zie het Algemeen Reglement in het Jaarboek, afl. 1 van elke jaargang van de *Mededelingen der Zittingen*).

De werken die minder dan 32 bladzijden beslaan worden in de *Mededelingen* gepubliceerd, terwijl omvangrijker werken in de verzameling der *Verhandelingen* opgenomen worden.

De handschriften dienen ingestuurd naar de Secretarie, Defacqzstraat, 1, 1050 Brussel. Ze zullen rekening houden met de richtlijnen samengevat in de „Richtlijnen voor de indiening van handschriften” (zie *Meded.* 1964, 1467-1469, 1475), waarvan een overdruk op eenvoudige aanvraag bij de Secretarie kan bekomen worden.

## AVIS AUX AUTEURS

L'ARSOM publie les études dont la valeur scientifique a été reconnue par la Classe intéressée sur rapport d'un ou plusieurs de ses membres (voir Règlement général dans l'Annuaire, fasc. 1 de chaque année du *Bulletin des Séances*).

Les travaux de moins de 32 pages sont publiés dans le *Bulletin*, tandis que les travaux plus importants prennent place dans la collection des *Mémoires*.

Les manuscrits doivent être adressés au Secrétariat, rue Defacqz, 1, 1050 Bruxelles. Ils seront conformes aux instructions consignées dans les « Directives pour la présentation des manuscrits » (voir *Bull.* 1964, 1466-1468, 1474), dont un tirage à part peut être obtenu au Secrétariat sur simple demande.

Abonnement 1974 (4 num.): 1 800 F

Defacqzstraat, 1  
1050 BRUSSEL (België)  
Postrek. nr. 244.01 K.A.O.W., 1050 Brussel

Rue Defacqz, 1  
1050 BRUXELLES (Belgique)  
C.C.P. n° 244.01 ARSOM, 1050 Bruxelles



**KLASSE VOOR MORELE  
EN POLITIEKE WETENSCHAPPEN**

---

**CLASSE DES SCIENCES MORALES  
ET POLITIQUES**

## Zitting van 15 januari 1974

De zitting wordt geopend te 14 h 30 door E.P. *M. Storme*, directeur van de Klasse voor 1974.

Zijn bovendien aanwezig: De HH. V. Devaux, A. Durieux, F. Grévisse, J.-P. Harroy, A. Maesen, G. Malengreau, E.P. A. Roeykens, de HH. A. Rubbens, J. Sohier, J. Stengers, leden; de HH. A.-G. Baptist, graaf P. de Briey, E.P. J. Denis, Mevr. A. Dorsinfang-Smets, de HH. V. Drachoussoff, M. Luwel, J. Vansina, R. Yakemtchouk, geassocieerden, alsook de H. P. Staner, vaste secretaris.

Afwezig en verontschuldigd: De HH. E. Bourgeois, A. Bursens, E. Coppieters, R.-J. Cornet, N. De Cleene, A. Duchesne, J. Jacobs, N. Laude, E.P. G. Mosmans, de HH. A. Van Bilsen, J. Vanderlinden, E. Van der Straeten, E. Vandewoude, J. Vanhove, F. Van Langenhove, B. Verhaegen.

### Begroetingen

De *Voorzitter* brengt hulde aan zijn voorganger de H. *J. Sohier*.

### « Rôle et sens du dieu Quetzalcoatl dans la pensée mexicaine »

Mevr. *A. Dorsinfang-Smets* legt aan de Klasse haar bovenvermelde studie voor.

Zij beantwoordt vragen gesteld door de H. *A. Rubbens*.

De Klasse beslist dit werk te publiceren in de *Mededelingen der zittingen* (blz. 114).

### « La suppression des collectivités traditionnelles au Zaïre »

De H. *A. Durieux* legt aan zijn Confraters zijn bovenvermelde studie voor.

## Séance du 15 janvier 1974

La séance est ouverte à 14 h 30 par le R.P. *M. Storme*, directeur de la Classe pour 1974.

Sont en outre présents: MM. V. Devaux, A. Durieux, F. Grévisse, J.-P. Harroy, A. Maesen, G. Malengreau, le R.P. A. Roeykens, MM. A. Rubbens, J. Sohier, J. Stengers, membres; MM. A.-G. Baptist, le comte P. de Briey, le R.P. J. Denis, Mme A. Dorsinfang-Smets, MM. V. Drachoussoff, M. Luwel, J. Vansina, R. Yakemtchouk, associés, ainsi que M. P. Staner, secrétaire perpétuel.

Absents et excusés: MM. E. Bourgeois, A. Burssens, E. Coppieters, R.-J. Cornet, N. De Cleene, A. Duchesne, J. Jacobs, N. Laude, le R.P. G. Mosmans, MM. A. Van Bilsen, J. Vanderlinden, E. Van der Straeten, E. Vandewoude, J. Vanhove, F. Van Langenhove, B. Verhaeghen.

### Compliments

Le *Président* rend hommage à son prédécesseur, M. *J. Sohier*.

### Rôle et sens du dieu Quetzalcoatl dans la pensée mexicaine

Mme *A. Dorsinfang-Smets* présente à la Classe son étude intitulée comme ci-dessus.

Elle répond aux questions que lui pose M. *A. Rubbens*.

La Classe décide la publication de ce travail dans le *Bulletin des séances* (p. 114).

### La suppression des collectivités traditionnelles au Zaïre

M. *A. Durieux* présente à ses Confrères son étude intitulée comme ci-dessus.

Deze uiteenzetting wordt gevolgd door een bespreking waaraan deelnemen de HH. *G. Malengreau*, *V. Devaux*, *A. Rubbens*, graaf *P. de Briey*, *F. Grévisse*, *J. Sohier* en *J. Vansina*.

**« Les derniers Rois Mages »  
door P. del Perugia**

De H. *J.-P. Harroy* stelt aan de Klasse bovenvermeld werk voor en beantwoordt vragen gesteld door de HH. *J. Stengers*, *J. Vansina* en graaf *P. de Briey*.

De Klasse beslist de voorstellingsnota te publiceren in de *Mededelingen der zittingen* (blz. 125).

**« Le recueil des coutumes tio (bateke)  
de Jean Mundelemadia »**

De H. *A. Rubbens* legt aan de Klasse bovenvermelde studie van de H. *J.-M. PAUWELS* voor.

De Klasse wijst de HH. *J. Vansina* en *F. Grévisse* als tweede en derde verslaggever aan. Zij zullen oordelen over de geschiktheid van deze nota voor publicatie.

**« Réflexions en marge des projets de  
réformes agraires en Ethiopie »**

In haar zitting van 19 juni 1973 had de Klasse bovengenoemde studie van de H. *TH. VERHELST*, voorgesteld door de H. *J. Vanderlinden* aanvaard voor publikatie in de *Mededelingen der zittingen*.

Daar de studie meer dan 32 blz. druks beslaat, beslist de Klasse ze te publiceren in de *verhandelingenreeks* nadat de *Vaste Secretaris* het advies zal ingewonnen hebben van de HH. *J.-P. Harroy* en *A. Baptist*.

**Geheim comité**

De ere- en titelvoerende leden, vergaderd in geheim comité, wijzen de H. *A. Maesen* als vice-directeur voor 1974 aan.

De zitting wordt gesloten te 16 h 30.

Cet exposé est suivi d'une discussion à laquelle prennent part MM. G. Malengreau, V. Devaux, A. Rubbens, comte P. de Briey, F. Grévisse, J. Sobier et J. Vansina.

**« Les derniers rois mages »  
par P. del Perugia**

M. J.-P. Harroy présente à la Classe l'ouvrage susdit et répond aux questions que lui posent MM. J. Stengers, J. Vansina et le comte P. de Briey.

La Classe décide la publication de la note de présentation dans le *Bulletin des séances* (p. 125).

**Le recueil des coutumes tio (bateke)  
de Jean Mundelemadia**

M. A. Rubbens présente à la Classe l'étude susdite de M. J.-M. PAUWELS.

La Classe désigne MM. J. Vansina et F. Grévisse en qualité de deuxième et troisième rapporteurs; ils apprécieront l'opportunité de la publication de cette note.

**Réflexions en marge des projets de  
réformes agraires en Ethiopie**

En sa séance du 19 juin 1973, la Classe avait accepté pour publication dans le *Bulletin des séances* l'étude susdite de M. TH. VERHELST, présentée par M. J. Vanderlinden.

L'étendue de l'étude dépassant 32 pages d'impression, la Classe en décide la publication dans la collection des *mémoires*, dès que le Secrétaire perpétuel aura recueilli l'avis de MM. J.-P. Harroy et A. Baptist.

**Comité secret**

Les membres honoraires et titulaires, réunis en comité secret, désignent M. A. Maesen en qualité de vice-directeur pour 1974.

La séance est levée à 16 h 30.

## A. Dorsin角度 Smets. — La place et le sens de Quetzalcoatl dans la pensée mexicaine

### SAMENVATTING

De god Quetzalcoatl en de koning van Tula, van dezelfde naam, vormen een zo danig eng verbonden geheel in de traditionele verhalen, dat het leven van de koning en de fabel van de god één enkel doorlopend verhaal vormen.

Er is geen twijfel dat de god vóór de toltetische prins bestond, en dat deze laatste niet in de 11de eeuw vergoddelijkt is. De oudheidkunde en de teksten verzekeren dit.

Het gelaat van de prins Quetzalcoatl is verwant aan dat van de andere precolombiaanse beschaafde beelden (Bohica in Columbie - Viracocha in Perou).

Dit mythologisch schema van deze kulturele held zou voormalig zijn, en krijgt een nieuwe zin als men het in relatie brengt met de chamanische traditie.

Er zijn verschillende vergelijkingen voorgesteld tussen de chamanische traditie, zoals de studies aangaande de actuele Indianen ze onthullen en de ontleding van het Mexikaans verhaal van Quetzalcoatl.

Dit suggereert dat er onder de grond van het Mexikaans denkbeeld dat van de chamanische traditie ligt.

\* \* \*

### RÉSUMÉ

Le dieu Quetzalcoatl et le roi de Tula du même nom, forment un ensemble si étroitement associé dans les récits traditionnels que la vie du roi et le mythe du dieu constituent un seul récit continu.

Il ne fait aucun doute que le dieu préexiste au prince toltèque et n'est pas ce dernier divinisé au XI<sup>e</sup> siècle. L'archéologie et les textes en apportent la certitude.

La figure du prince Quetzalcoatl est apparentée à celles d'autres héros civilisateurs précolombiens (Bohica en Colombie - Viracocha au Pérou).

Ce schéma mythologique de ce héros culturel serait ancien et s'éclaire d'un sens nouveau si on le met en relation avec la tradition chamanique.

Il est proposé divers rapprochements entre les aspects de la tradition chamanique telle que la révèle les études sur les Indiens actuels et l'analyse du récit mexicain de Quetzalcoatl.

Cela suggère que parmi les sources de la pensée mexicaine il y a celle qui par ailleurs s'épanouira dans la tradition chamanique des Indiens.

\* \* \*

Quiconque s'intéresse au passé mexicain s'interroge sur ce dieu fascinant et complexe: Quetzalcoatl, le serpent aux plumes vertes, dont le nom associe la bête terrestre et rampante (coatl) et l'oiseau (quetzal) dont le vert des plumes rappelle le jade symbole de vie.

J'ai eu récemment l'occasion d'analyser ses divers aspects en les ordonnant selon quelques axes principaux: (1)

Il est *dieu de lumière* en tant que planète Venus qui paraît et disparaît, de là non seulement il est un dieu jumeau (son nom signifie aussi « jumeau précieux ») mais il est aussi dieu de mort et de renaissance;

Il est un *dieu créateur* auquel on doit la re-crédation du monde actuel après le dernier cataclysme cosmique et, par son sacrifice, il participe à l'apparition et à l'animation des astres (soleil et lune);

Il est un *héros culturel* car non seulement il ressuscite les hommes en arrachant aux enfers les os des morts d'une précédente

---

\* Les chiffres entre parenthèses renvoient aux notes *in fine*.



humanité qu'il vivifie en les arrosant de son sang, mais il leur apprend à se nourrir de maïs;

Enfin il est aussi, sous le nom de Ehecatl, le *dieu du vent*, au bec d'oiseau, coiffé alors souvent d'un bonnet conique et paré du « bijou du vent » une spirale de coquille, et de pendants d'oreilles en forme de crochets qui apparaissent fréquemment présents même dans ses représentations serpentine. En cette dernière qualité de dieu du vent, il ne s'écarte cependant pas fort de ses autres rôles, car en réalité on honore en lui ici non seulement un dieu de vie et de souffle vital mais aussi un bienfaiteur de l'humanité. En fait c'est un dieu de la pluie. Notre principal informateur du XVI<sup>e</sup> siècle Bernardino DE SAHAGUN nous dit à ce propos:

On le croyait chargé de balayer les chemins aux dieux de la pluie et on pensait ainsi parce que avant le déchaînement des eaux on voit de grands vents et de la poussière... (2).

Donc en cette dernière qualité nous retrouvons un dieu de fertilité, de végétation. Quel que soit donc l'aspect pris en considération: divinité astrale, dieu du vent ou créateur, il est lié à l'idée de renaissance, de vie.

Je ne veux pas reprendre ici l'analyse de ses aspects complexes mais approfondir un point particulier de sa légende et tâcher de répondre à la question: comment situer dans la pensée mexicaine le curieux ensemble que forment notre dieu et le roi de Tula du même nom que les récits traditionnels lui associent si étroitement que la vie du roi et le mythe du dieu constituent un seul récit continu?

Au X<sup>e</sup> siècle, c'est-à-dire à l'époque que les archéologues appellent « postclassique », régnait à Tula, capitale des Toltèques au nord du Mexique, le roi Topiltzin (notre prince) Ce acatl (un roseau, jour de sa naissance) Quetzalcoatl, modèle du souverain pieu, roi-prêtre prônant l'austérité et la pénitence.

Un parti adverse que la légende identifia à celui du dieu de la nuit, de la violence et des sacrifices humains, Tezcatlipoca, le renversa après l'avoir discrédité en l'incitant, par magie, à transgresser les interdits les plus sacrés.

A la suite de cette faute, Quetzalcoatl, honteux et angoissé, se vit dans sa laideur mais un dieu artisan lui fournit un masque de plumes et de turquoises. Ainsi paré il fuit Tula suivi de ses

partisans. Après avoir parcouru le pays en héros culturel, enseignant les hommes dans la pratique des artisanats et surmontant de nombreux obstacles, il atteignit la côte de l'actuel Vera Cruz où il monta sur un bûcher funéraire pour en émerger en planète Vénus et monter au firmament, annonçant son retour pour une année « Ce acatl » (3).

L'année de ce nom revient tous les 52 ans dans le calendrier aztèque et l'on comprend l'inquiétude de Moctezuma apprenant en 1519, une année Ce acatl, précisément, le débarquement de Cortès qu'on lui décrit grand, barbu, blond comme était dépeint le Quetzalcoatl légendaire. Il perçut l'événement historique comme l'annonce de la réalisation de la menace divine et celle de la fin du monde.

L'aventure historique de Quetzalcoatl est celle d'un chef politique qui défend un idéal religieux, succombe sous les coups d'un parti adverse et fuit en diffusant sa culture. C'est en superposant la passion du dieu qui se sacrifie pour les hommes, à l'épreuve du roi vaincu qu'on lui donna ses dimensions mythiques.

Mais le dieu Quetzalcoatl est-il le roi divinisé? Le roi s'est-il plutôt identifié à un dieu préexistant?

Le Frère Bernardino DE SAHAGUN a senti l'ambiguïté qui entoure la tradition lorsqu'il écrit: « celui-ci (Quetzalcoatl) quoique ayant été un homme, il passait pour être un dieu (4) ».

Il n'y a pourtant aucun doute. Le dieu n'est pas né de la geste du roi, il est beaucoup plus ancien que l'époque toltèque ou postclassique. Nous en avons de nombreuses preuves.

S'il n'est pas certain que tous les serpents à plumes ou toutes les figures à bec d'oiseau que l'archéologie a découverts sur les monuments antérieurs, soient des représentations de Quetzalcoatl, le reptile emplumé qui déroule ses ondulations sur la vieille pyramide de Téotihuacan, en est une. Il est entouré de coquillages et ceci ne signifie pas qu'il s'agit d'un dieu aquatique venu de la côte comme on le dit parfois, mais préfigure le « bijou du vent », symbole de notre divinité elle-même.

Autre exemple: sur les murs sculptés du jeu de pelote d'El Tajin également d'âge classique, dans le Vera Cruz, il apparaît sous la forme d'un visage à bec de canard portant les boucles d'oreilles en crochets caractéristiques; le double corps qui l'en-

cadre de part et d'autre évoque les deux aspects de Vénus, le « jumeau précieux ».

Ces deux exemples suffisent pour affirmer, sans multiplier les allusions archéologiques, que notre dieu est fort ancien dans la tradition religieuse mexicaine.

Evidemment nous ne savons pas s'il s'appelait déjà Quetzalcoatl en ce premier millénaire, mais nous pouvons supposer que son autre nom Ehecatl était déjà utilisé. En effet, l'Amérique centrale a connu diverses migrations d'origine mexicaine. Celle qui fut à l'origine de la population des Nicaraos qui devaient donner leur nom au lac, puis au pays de Nicaragua, est antérieure à la fondation de la ville de Tula. Or, dans une liste de dieux encore honorés par eux au XVI<sup>e</sup> siècle que nous transmet Gonzalez Fernandez DE OVIEDO nous trouvons « Hecat dieu du vent » — évidemment Ehecatl — et « Mixcoat » qui ne peut être que le Mixcoatl père de Quetzalcoatl pour les Toltèques et dieu de la voie lactée (5). Les Nicaraos les auraient donc connus déjà à l'époque lointaine où ils firent sécession du tronc central mexicain.

Nous sommes donc amenés à refuser de voir en notre curieux personnage un roi divinisé de l'époque toltèque, le dieu étant bien plus ancien. Le roi de Tula était plutôt comme il était fréquent dans le culte mexicain, un prêtre qui incarne le dieu qu'il sert, se pare à son image et prend son nom. Le terme « Quetzalcoatl » a d'ailleurs subsisté dans la hiérarchie religieuse aztèque pour les fonctions sacerdotales les plus élevées.

Les Aztèques se sont-ils trompés confondant le personnage historique et la figure mythique? Non, car l'un des chroniqueurs du XVI<sup>e</sup> siècle le Frère Diego DURAN nous rapportant des événements divers de l'histoire de Mexico, nous raconte que Moctezuma allant admirer avec son frère Tlacaelel des statues érigées à leur image, se réjouit de ces figures qui, aurait-il dit, « garderont mémoire perpétuelle de notre grandeur comme nous tenons mémoire de Quetzalcoatl et de Topiltzin qui se sont fait représenter en sculptures ».

En un autre passage DURAN, sur la foi de ses informateurs évidemment, dissocie encore le prince et le dieu lorsqu'il nous décrit les parures qui avaient été offertes au roi aztèque Tizocicatzin de façon à rappeler, au moment de son intronisation, « le

prestige du dieu Quetzalcoatl et du grand Topiltzin » (6).

Il s'agit donc bien de deux personnages différents.

Mais il faut aller plus loin: comment les Aztèques et ceux dont ils furent les héritiers culturels ont-ils compris la légende qui entoure le « serpent à plumes » en dehors du culte rendu au dieu? Ou plutôt, d'où venaient les éléments qu'ils combinèrent pour former le récit que j'ai rapporté plus haut?

Il faut être ici très prudent car dans le but de magnifier l'héritage toltèque dont ils se voulaient les continuateurs culturels mais surtout politiques, ils n'ont pas hésité à rapprocher d'eux de prestigieuses traditions en les attribuant, par exemple, au roi de Tula.

Les éléments de base du récit de la passion de Quetzalcoatl remontent sans doute plus haut dans le temps. Sa légende de héros civilisateur, personnage puissant et créateur révèle un schéma mythologique précolombien qui dépasse largement le milieu toltèque où elle aurait pris forme. Il est probable que les Aztèques ont ordonné des éléments provenant de traditions d'origines différentes et ce processus d'harmonisation n'était pas terminé au XVI<sup>e</sup> siècle.

La figure de Topiltzin Quetzalcoatl est apparentée à celle d'autres héros civilisateurs précolombiens tels que Bochica roi divin des Muisca de la région de Bogota en Colombie, ou Viracocha l'empereur civilisateur péruvien. Ils ont de nombreux points communs: ils sont grands, clairs de peau, barbus; ils sont à la fois des chefs d'Etat et des êtres divins; ils mettent leur pouvoir au service des hommes et, en mourant tragiquement, ils annoncent leur retour.

En ne considérant cependant que notre roi mexicain, il se comprendrait mieux si on le projetait sur un fond traditionnel amérindien bien plus général: la tradition chamanique. Nombreux sont, je pense, les aspects de son histoire qui se prêtent à la comparaison.

Mon collègue Luc DE HEUSCH écrivait:

Le chaman évolue dans le domaine de la magie et rivalise avec les dieux, les combat parfois, les trompe, monte vers eux dans un mouvement d'orgueil qui le pose comme l'égal ou le rival des dieux. Le chamanisme est une démarche ascensionnelle, fondée le plus souvent sur une cosmogonie étagée; l'existence d'un axe du monde permet le voyage

mystique, le déplacement vertigineux de l'âme du chaman dans l'espace, la montée au ciel et la descente aux enfers (7).

N'insistons pas sur le fait que ces conditions stratigraphiques sont remplies dans la conception du monde mexicaine (8). Bornons-nous à souligner combien ce texte paraphrase la vie du roi Quetzalcoatl qui se meut dans une atmosphère magique, y succombe même et finit par accomplir cette ascension mystique que le chaman sibérien ou américain recherche par les techniques de l'extase.

Il est constamment rappelé par les auteurs qui s'intéressent au chamanisme que le chaman est en étroite union avec le monde animal et la présence à ses côtés d'un « double » animal en lequel il est sensé pouvoir se transformer, est une de ses caractéristiques (9).

Marcelle BOUTEILLER distingue plusieurs types de chamans en Amérique indienne dont l'un travaille avec le serpent et « plus spécialement, dit-elle, avec le serpent à sonnettes » (10). Je souligne ici, ce qui est trop peu mis en évidence dans les descriptions archéologiques, que le « serpent à plumes » est toujours un crotale. Quelle que soit l'importance de son plumage, les cônes terminaux de la queue sont soigneusement représentés depuis le bas relief de Teotihuacan jusqu'à l'époque historique.

Les plumes l'associent à l'oiseau: Mircea ELIADE et Weston LABARRE pour ne citer que ces auteurs parmi d'autres, soulignent les rapports constants entre les chamans et la gent emplumée ou les plumes. Celles-ci servent à leur parure mais aussi jouent un rôle important dans le symbolisme dont ils s'entourent (11).

La plume évoque surtout le « vol chamanique », l'envol, symbole de spiritualité, de transcendance et de liberté, qui permet au chaman de dépasser la condition humaine. Elle est liée étroitement à l'ascension céleste et cet aspect permet encore un rapprochement avec Quetzalcoatl.

En effet non seulement il est revêtu des plumes du quetzal mais dans le poème qui raconte sa mort et son ascension céleste il est fait mention d'oiseaux:

alors qu'il brûlait et que ses cendres montaient,  
on put voir, venus pour le contempler  
les oiseaux au riche plumage qui passent dans le ciel  
le guacamaya aux plumes rouges, l'azulejo, l'étourneau léger...  
...tous les oiseaux précieux (12)

Le vol magique est lié souvent à l'idéologie royale et ceci n'est pas propre à l'Amérique. Mais il n'est pas nécessaire de recourir ici à des comparaisons empruntées aux traditions antiques, il suffit de rappeler que, si Quetzalcoatl détient le pouvoir politique, les chamans sud-américains cumulent fréquemment le pouvoir magique et l'autorité temporelle (13).

Quetzalcoatl, enfin, est un héros civilisateur. Weston LABARRE dans son ouvrage sur la Dance des esprits de l'Amérique du Nord où il analyse la position du chaman, démontre à suffisance le parallélisme constant entre le rôle chamanique et l'action culturelle et protectrice. Les messies et les prophètes amérindiens sont conçus sur le modèle du héros culturel qui est sensé ne jamais mourir, qui vient et reviendra pour aider son peuple et qui, pour ce faire, a accès au pays des morts (14). Quetzalcoatl, le roi, dispense au cours de ses voyages ses connaissances techniques aux hommes, Quetzalcoatl, le dieu, les initie à la nourriture la plus valorisée le maïs et à la culture du maguey qui donne le pulque.

En outre les chamans sont tous plus ou moins psychopompes et Quetzalcoatl descend aux enfers pour y subtiliser par ruse des os d'une humanité antérieure qu'il revivifiera de son propre sang. C'est pourquoi il est honoré à Mexico dans les pratiques funéraires toujours imprégnées d'un espoir de renaissance.

Les chamans nous sont surtout connus comme guérisseurs (hommes-médecine) et c'est le dernier aspect de leurs activités que je signale, car Quetzalcoatl était honoré, à Mexico comme dieu guérisseur. C'est un côté moins connu de son rôle mais qui s'explique puisqu'il est dieu de vie et que, à divers moments de son mythe, il meurt et ressuscite. Lui-même d'ailleurs est parfois (ou un de ses doublets) décrit malade, scrofuleux, repoussant et guérit miraculeusement. C'est pourquoi aussi ayant lui-même dominé la maladie, il était sollicité par ceux qui souffraient (15).

Là encore nous trouvons un parallélisme chamanique: les guérisseurs indiens ont souvent, en effet, dompté en eux-mêmes le mal; c'est ainsi que se révèle leur vocation et leur qualité d' élu.

C'est que les chamans sont fréquemment « appelés » à leur condition à travers des transes, de l'extase, des épreuves physiques et morales (16).

Toute cette angoisse, Quetzalcoatl l'éprouve avant d'accepter son destin: à Tula dans la honte de ses fautes, il se voit révéler sa laideur, c'est-à-dire sa misérable condition humaine. Un dieu artisan lui fabrique un masque de plumes et de turquoises et dès lors il ose affronter sa mission civilisatrice (17). Soulignons, en passant, l'apparition d'une technique chamanique élémentaire: le port du masque pour atteindre l'intégration magique au monde des esprits (18). Il décide alors d'accepter la fuite qui lui est imposée, surnaturellement. Ses amis cherchent à le retenir et dans le texte qui nous décrit ce moment, il dialogue avec eux:

En aucune manière vous ne pourrez empêcher mon départ.

Je dois m'en aller par la force.

et ses compagnons lui demandent: Où vas-tu?

et il leur répond en disant:

Je vais à Tlapallan (19)

Que vas-tu y faire?

On est venu m'appeler. Le soleil m'appelle.

à quoi ils répondirent alors: Pour ton bonheur, va (20).

Il est donc bien un « élu » obligé d'assumer son destin. Mais il ne parviendra au but qu'après avoir traversé de multiples épreuves: toute sa geste n'est qu'une recherche de pureté qui culmine dans son sacrifice sur le bûcher après un long voyage semé d'embûches et d'obstacles. Cette partie du récit s'impose à l'esprit indubitablement comme un rite initiatique (21).

Laurette SÉJOURNÉ a déjà suggéré que nous avons ici la trace d'épreuves de passage à des niveaux spirituels supérieurs et les rattache au message de l'initiateur que fut ce dieu pour les Aztèques (22). Cela n'infirme pas que nous y retrouvons le souvenir du rituel d'initiation chamanique.

Je ne veux pas insister mais je crois qu'il faut reconnaître en Quetzalcoatl un roi prêtre confondu par la suite avec le dieu qu'il servait. Il faut admettre aussi que la geste historique et mythique qui lui est associée et le rôle d'initiateur spirituel qu'il joue, prend un relief nouveau si on les projette sur une tradition beaucoup plus ancienne dont nous connaissons les formes modernes par l'observation du chamanisme dans les populations indiennes actuelles.

Je pense avoir montré qu'un parallélisme existe entre Quetzalcoatl tel qu'il nous est décrit par la légende, et le chaman. Il ne



fait aucun doute que les Aztèques, dans la version que nous ont transmis les chroniqueurs, ont essayé de sublimer et d'harmoniser des traditions qu'ils avaient recueillies de leurs prédécesseurs, en y rattachant des données historiques pour la plus grande gloire de ceux qu'ils revendiquaient comme leur initiateurs politiques: les Toltèques de Tula.

Mais que parmi les sources de leur pensée il y a celle qui, par ailleurs, s'épanouira dans la tradition chamanique des Indiens actuels me paraît évident.

15 janvier 1974.

#### NOTES

(1) DORSINFANG SMETS, A.: Les aspects multiples de Quetzalcoatl, le dieu « Serpent à plumes » (Mélanges en l'honneur de A. Abel, vol. II) (à paraître).

(2) DE SAHAGUN, Fr. Bernardino: *Historia de las cosas de Nueva España*, 1590 (Trad. franç. JOURDANET et SIMÉON, Paris, 1880, p. 15).

(3) La légende de Quetzalcoatl nous est connue par plusieurs textes dont celui de B. DE SAHAGUN, *o.c.* et les *Annales de Cuauhtitlan* (Ed. Musée National de Mexico, 1885, t. III).

Voir à ce propos C.-A. SAENZ: Quetzalcoatl (Instituto Nacional de Antropología e Historia Mexico, 1962; et L. SÉJOURNÉ: La pensée des anciens mexicains (Ed. F. Maspero, Paris, 1966).

(4) DE SAHAGUN, B.: *o.c.*, p. 15.

(5) DE OVIEDO, Gonzalez Fernandez: *Historia general y natural de las Indias* (Madrid, 1959, vol. IV, p. 378).

(6) DURAN, Fr. Diego: *Historia de las Indias de Nueva España e islas de tierra firme* (Ed. Porrúa, Mexico, 1967, t. II, chap. XXXI, p. 246 et chap. XXXIX, p. 302).

(7) DE HEUSCH, L.: Cultes de possession et religions initiatiques de salut en Afrique (in *Religions de salut. Annales du Centre d'Etude des religions*, N° 2, Ed. Institut de Sociologie, Bruxelles, 1962, p. 131).

(8) DORSINFANG SMETS, A.: Les quatre coins du monde aztèque (in *Eschatologie et cosmologie. Annales du Centre d'étude des religions*, N° 3, Ed. Institut de Sociologie, Bruxelles, 1969, p. 59).

(9) ELIADE, Mircea: Le Chamanisme (Ed. Payot, Paris, 1968, p. 89 et suiv.) et LABARRE, Weston: The ghost dance. The origin of religion (A Delta book, Ed. Doubleday, U.S.A., 1972, p. 109 et p. 193).

(10) BOUTELLER, Marcelle: Chamanisme et guérison magique (P.U.F., 1950, p. 48). La relation avec le serpent est aussi soulignée par Weston LABARRE: *o.c.*, p. 193, comme source de pouvoir des chamans.

(11) ELIADE, Mircea: Mythes, Rêves et Mystères (*Les Essais*, Gallimard, Paris, 1957, p. 126 et suiv. et Weston LABARRE: *o.c.*, p. 199 et suiv.).

(12) LAMBERT, J.Cl.: Les poésies mexicaines (Marabout, 1961, p. 55, d'après les *Annales de Cuauhtitlan, o.c.*).

(13) ELIADE, Mircea: *o.c.*, 1957, p. 126.

(14) LABARRE, Weston: *o.c.*, p. 200 et p. 301).

(15) DURAN, Fr. Diego: *o.c.*, chap. I, p. 64.

(16) BOUTELLER, M.: *o.c.*, p. 57 et suiv. - ELIADE, Mircea: *o.c.*, 1968.

- (17) LAMBERT, J.Cl.: *o.c.*, p. 50 - SÉJOURNÉ, L.: *o.c.*, p. 61 et p. 129, d'après les Annales de Cuauhtitlan, *o.c.*
- (18) ELIADE, Mircea: *o.c.*, 1968, p. 143.
- (19) Tlapallan est le lieu d'origine de toutes choses. Voir A. DORSINFANG SMETS: *o.c.*, 1969.
- (20) SÉJOURNÉ, L.: *o.c.*, p. 64, d'après B. DE SAHAGUN.
- (21) DE SAHAGUN, Fr. B.: *o.c.*, trad. JOURDANET et SIMÉON, p. 217 à 220.
- (22) SÉJOURNÉ, L.: *o.c.*, p. 69.

**J.-P. Harroy. — Présentation du livre de  
Paul del Perugia, intitulé: « Les derniers  
Rois Mages » \***

Chers Confrères,

Lorsque je vous ai présenté, il y a quelques mois, la riche, solide et honnête somme d'informations que constituait le livre de Baudouin PATERNOSTRE DE LA MAIRIEU, intitulé « Le Rwanda — son effort de développement », j'ai été amené à vous formuler quelques remarques faisant référence à un autre livre, qui lui était fort dissemblable à maints égards: son éclairage, ses sources, son ton, mais qui également se trouvait consacré entièrement au Rwanda. Il s'agissait de « Les derniers Rois Mages », de Paul DEL PERUGIA. Vous m'avez alors demandé de vous présenter aussi cet ouvrage. Je m'acquitte aujourd'hui de cette tâche avec grand plaisir.

L'auteur est français, diplomate. Mes efforts pour entrer en contact avec lui ne m'ont pas encore permis d'en savoir davantage sur la durée du séjour qu'il a dû effectuer dans le pays, sur ses sources, dont certaines, toutefois, peuvent être devinées. A la profondeur et vigueur de pensée qui s'affirment à toutes les pages du volume, on joindra peut-être par priorité deux mérites majeurs: une érudition impressionnante sur les philosophies et les religions du monde méditerranéen antique, la maîtrise d'une langue admirable.

L'ouvrage porte en sous-titre: récit ethnologique. L'adjectif révèle que, beaucoup plus que des faits, l'auteur entend décrire des relations humaines: après avoir terminé la page 270, en effet, le lecteur en connaîtra bien plus sur une impalpable ambiance que sur une séquence historique ou un contexte géographique défini. Quant au substantif « récit », il s'explique du fait que le dessein de Paul DEL PERUGIA est de nous ramener

---

\* Gallimard, Paris, 270 p., 1970.

dans un passé révolu et de nous transmettre son message par une succession de tableaux fictifs où la puissance évocatrice des détails et la finesse du commentaire s'agrémentent de la légèreté du ton narratif. Le sixième chapitre, intitulé « Une Journée du Roi », est, à cet égard, un modèle de récit ethnologique, aussi attrayant que suggestif.

Pour pleinement apprécier, d'autre part, l'acrobatique gymnastique d'esprit dont ce livre nous fait assister à une éblouissante démonstration, quelques concessions préalables sont nécessaires de la part du lecteur, que celui-ci consentira plus ou moins volontiers selon les opinions qu'il professe à l'égard de la révolution hutu de 1959 et ce qui s'ensuivit.

L'idée maîtresse qui a enthousiasmé l'auteur et qu'il s'applique à nous faire partager est née, en effet, de sa conviction que le régime socio-politique que les Tutsi avaient patiemment édifié au Rwanda au fil des derniers siècles était un incomparable chef-d'œuvre de sagesse humaine et d'habileté manœuvrière, que chacun des membres des trois races, donc aussi le Hutu et le Twa, y trouvait sa juste et équitable place, mais aussi que — et ceci est la dernière phrase du livre — lorsque le feu de Gihanga et celui des beaux Taureaux politiques ont été « vilainement éteints », ce jour-là une lumière a disparu du centre de l'Afrique et « non seulement la négritude, mais l'humanité en ont été humiliées... ».

Vous savez maintenant, mes chers Confrères, où je voulais en venir en vous proposant il y a un instant une condition à remplir avant de pouvoir pleinement apprécier en esprit le merveilleux exercice auquel Paul DEL PERUGIA nous permet d'assister.

Il nous faut pour le suivre oublier le vingtième siècle et, reportés au règne de Rwabugiri, nous demander si dans ce contexte précolonial, mais à cette époque seulement, il n'était peut-être pas justifié d'admirer sans réserve une savante et sage construction politique, ayant su s'assurer la collaboration du Temps, et dans laquelle le plus pauvre des Hutu pouvait se sentir valablement pris en charge et soutenu par la société dans laquelle le hasard l'avait fait naître.

Si l'on veut donc bien faire abstraction de tout ce qui s'est passé depuis le résident KANDT et par conséquent pendant toute la présence belge, si l'on veut bien oublier ce que ce régime des

beaux Taureaux était devenu en 1959 par suite, entre autres, de l'introduction dans le pays de l'économie monétaire et de la voiture automobile américaine, en remontant ainsi par l'imagination un siècle en arrière, on peut alors se trouver en concordance de phase avec notre auteur et avec lui, sans remords ni hésitation, reconstituer, analyser, admirer.

Mais pour savourer complètement ce beau livre, il faut encore de surcroît délibérément oublier, comme si elle n'avait jamais été écrite, sa dernière phrase, celle évoquant les feux « vilainement éteints » et l'humanité humiliée par la jacquerie réussie de 1959. Il faut faire table rase de ce que, pris par son enthousiasme pour ce qu'il a découvert de sagesse dans l'institution des derniers Rois Mages, Paul DEL PERUGIA a omis de prendre en considération les désastreuses conséquences qu'avaient comportées pour ce délicat mécanisme les coups de boutoir que lui avaient portés le fait colonial et son corollaire, le contact de deux cultures.

Page 141, on peut lire un paragraphe où se retrouvent entrelacées l'appréciation fondamentale de l'auteur et les prémisses de nos réserves.

Le monde pastoral et agraire, lisons-nous, races bantoues et hamites mêlées, en vinrent à peu près à communier dans le même culte. Un grand progrès s'était accompli sans bruit. Grâce au « contact de clientèle », les paysans avaient accédé à la mentalité patriarcale. Une petite cohorte humaine avait franchi une frontière du Temps sans qu'une goutte de sang eût été versée. Bien sûr, des injustices, des exactions, des duretés demeuraient inséparables de ces institutions si sagement pensées. Aucune organisation politique n'a jamais modifié, ni ici ni ailleurs, ni aujourd'hui ni demain, les appétits inhérents à la race humaine. Même en des climats d'églogues, l'homme demeure ce qu'il est. Lorsque Honoré d'Urfé écrivit son « Astrée », il fit retentir son poème des cris de ses bergers et de ses pasteurs enrubbannés. Il n'y a pas de paradis sur terre.

Avec moi, vous pourrez peut-être admettre qu'au temps de RWABUGIRI, il n'était pas déraisonnable de se consoler de quelques exactions maculant le tableau virgilien du bel équilibre patriarcal, en se convaincant de leur caractère exceptionnel, d'exception confirmant la règle.

Mais avec moi aussi vous direz holà à l'affirmation que ces quelques injustices, exactions, duretés, étaient toujours restées cantonnées dans les limites du tolérable jusqu'au court règne de

KIGERI V. A ce moment, les bornes étaient depuis longtemps franchies. Il s'indiquait alors impérieusement d'éteindre le feu de Gihanga, compte tenu du dangereux brasier qu'il était devenu. Et l'humanité a été honorée, et non humiliée, par le coup d'Etat de Gitarama.

\* \* \*

Cette nécessaire mise au point terminée, il ne nous reste plus maintenant qu'à nous laisser conduire, et à admirer. Dix chapitres également riches, nuancés, enchanteurs, nous y convient. En voici la substance.

Les chapitres I et II: Mille Collines, Les trois Races, campent le cadre géographique et humain de notre récit ethnologique. Relevons-y quelques tournures ou expressions heureuses. L'herbe est au Rwanda à l'origine de tout. Elle introduit au Taureau qui lui-même introduit à une conception magique de la vie. Le Pygmée — l'Homme à l'Arc — représente naturellement le Rwandais le plus ancien, le véritable autochtone. Puis avec le Hutu, l'Homme à la Houe, vinrent « les colonialistes bantous qui fondèrent sur les Montagnes de la Lune une civilisation du haricot et de la banane, colonisation sans politique, essentiellement agraire, paralysée par la terreur des "esprits" mais exigeant de solides vertus familiales ». Enfin, le Hamite, l'Homme au Bâton Pastoral, ne gravit que très tard, à la fin du XII<sup>e</sup> siècle, la zone interlacustre. Bien qu'en petit nombre, il représenta aussitôt l'élément unificateur du plateau. Avec lui s'y instaurait aussi le mépris du pasteur pour le cul-terreux qui figure aux premières lignes de la Bible: les dons et les sacrifices du fruste Caïn ne plaisaient guère à Dieu. Celui-ci repoussait ces « cadeaux de légumes » mais agréait avec joie le bétail de l'aristocratique Abel. Avec le Hamite aussi allait se concrétiser l'axiome: au point de vue politique, le champ n'est point moteur, à l'inverse de la prairie.

Le troisième chapitre est intitulé: « Les Rois des Tambourins ». Il fait la description de l'organisation hutu que les Tutsi trouvèrent à leur arrivée au plateau. Des organisations de clans bornèrent l'autorité d'une centaine de « roitelets » à quelques collines. L'insigne de leur pouvoir, le « Tambourin », n'appartenait qu'à de petits potentats assez puissants pour coiffer quelques clans, souvent cinq ou six collines.

La cosmogonie des Hutu est décrite, leur vision du monde, leur absence de désir de relever d'un gouvernement central. Le Hutu souhaite un Roi-Prêtre, un Roi pur. L'exemple est fourni d'un « roi » hutu, Ndagano, faiseur de pluie, héros d'un rituel passablement sanglant, à la mort duquel une « famine pénitentielle, corollaire du deuil agraire, se serait abattue sur le pays enfermé dans son deuil ». Et le passage de se terminer, à mon étonnement et peut-être au vôtre :

...afin d'y mettre un terme, la Belgique, alors puissance tutrice, dut entreprendre une occupation militaire du petit royaume, qui ne prit fin qu'en septembre 1926.

Fallait-il interpréter qu'à cette époque MUSINGA autorisait encore des principicules hutu à exercer un semblant de royauté dans des parcelles de son propre royaume ? Je n'ai pas de réponse à offrir à cette question.

Le chapitre suivant, le quatrième, aborde la phase de la naissance de la suprématie tutsi, son implantation sans combat, par ralliements successifs, spontanés ou suscités, des Rois des Tambourins. Le titre du chapitre : « La souveraineté de la vie » suggère la procédure suivie, le recours au « rouleau compresseur animal », à la « marée meuglante ». Cette marée montait sans cesse, encerclant les terres arables. Puisque les Hutu ne pouvaient chasser les troupeaux, il leur fallait s'en accommoder. Mois après mois, les vaches imposaient une nouvelle organisation des terres. Leurs maîtres, silencieux et sobres, ne réclamaient rien pour eux-mêmes. Ils n'étaient pas les envahisseurs : c'étaient les ruminants qu'il fallait caser.

Conjointement, sans s'attaquer de front aux fonds culturels des Hutu — dont, par ailleurs, ils adoptaient la langue — les Tutsi les transformèrent adroitement, faisant leur le Dieu hutu Imana, faisant admettre simultanément le caractère céleste du Roi-Fondateur, Gihanga, qui apporta aux mortels, en stipulant bien qu'il s'agissait des trois Races, le Feu, la Vache, des semences vivrières, le plan des huttes. Désormais fut entretenu dévotement le « feu pastoral », qui protégera les vaches, reconnues d'origine céleste. Et désormais brûlera aussi sans jamais pouvoir s'éteindre, le Feu de Gihanga. Et c'est d'alors aussi que date la signification du Tambour, que se fixent les relations entre les



vivants et les ancêtres, que se codifient les sacrifices eux-mêmes, que se précise la situation prééminente du Mwami, prééminente, mais dès l'origine déjà singulièrement contenue par le mystérieux collège des Rois Mages.

Ces linéaments directeurs se précisent au chapitre V: « Installation du Royaume Hamite ». Le Roi et sa Cour se déplacent, au gré des impératifs pastoraux, entre les 114 capitales. Le récit nous est fait de la construction des habitations de ces palais éphémères, de cette existence de cour où déjà s'introduisent l'intrigue et le poison, de la protection que garantissent les quatre Tambours dynastiques gardés chacun par un feu prométhéen. La dramatique disparition du Ruoga est évoquée, son retour, son remplacement par le Kalinga, aujourd'hui probablement encore caché quelque part au Rwanda.

Je vous ai déjà alléchés à l'annonce de ce chapitre VI: Une Journée du Roi, où notre auteur a, en artiste, su atteindre un rare degré d'évocation. Tout au fil de ce très long jour, le double rôle du Mwami, technicien du pouvoir et intermédiaire avec l'au-delà, est retracé, touche par touche, de même que maints détails de sa vie matérielle. Pêle-mêle, rappelons qu'à cette occasion sont commentés le partage du pouvoir royal masculin avec le pouvoir, féminin, de la Reine Mère, le jeu des quatre maisons matridynastiques, la nourriture du Roi, l'audition des conseillers, la visite au Taureau dynastique, la reddition de la justice, les contacts avec les Hutu, la revue des Armées Bovines et des Armées Sociales, puis le dialogue incessant avec les morts, la consultation des aruspices, l'humiliation du Roi devant les ancêtres et nombre d'autres formes de rapports avec les âmes des disparus, où sans cesse le politique et le mystique se côtoient. Et après quelques commentaires sur la dure formation de la jeunesse de haut lignage: l'école des pages, des ntore, la journée se termine par une merveilleuse description de la soirée où, portes du pauvre palais ouvertes toute la nuit, « Roi et Prêtre, le Prince devient le « guide d'une culture d'une rare cohérence dépassant de loin le folklore tribal africain ». Et, tour à tour, la danse, la poésie, l'histoire atteignent des sommets dans une série de tournois dont la vache est le thème privilégié et où l'occasion est saisie de mettre en lumière l'admirable valeur formative de la littérature orale, permanent exercice de la mémoire.

Le chapitre VII est alors consacré à la description des « Institutions patriarcales » qui constituent l'ossature même de ce régime subtil qui valut aux Tutsi des siècles de suprématie et l'admiration de Paul DEL PERUGIA. Pièce maîtresse du jeu: le contrat de bail à cheptel, cet audacieux montage psychologique, qui sut conférer à une vache sans réelle valeur économique une « valeur » socio-politique démesurée. Puis se succèdent les analyses et interprétations des différentes structures et procédures, le rôle des « Armées » du Troupeau du Roi, la conduite des relations internationales, celle des guerres où le récit détaillé d'une bataille-type est l'occasion de maints détails savoureux.

Après ces deux très importants chapitres, pratiquement clés de voûte du livre avec le suivant, le neuvième, dédié aux Rois Mages, se place alors un passionnant chapitre VIII consacré à la « Société Secrète », celle de Lyangombe. Quelques pages solidement pensées commencent par justifier la raison d'être profonde de beaucoup de sectes secrètes, passées ou présentes. Puis le cas particulier ruandais est analysé: alors que l'adage populaire sur lequel s'appuie l'Etat « Le contrepoids de la mort, c'est d'engendrer » n'intéresse que l'espèce, dans la Société Secrète, c'est l'individu qui fait entendre sa voix, dans sa certitude doublée de sa crainte de sa propre mort. Et les plus pauvres de se réfugier, hors du siècle d'inégalité sociale, dans une fraternité strictement fermée et secrète, d'un type mystérieux lui offrant de surcroît l'espérance d'une immortalité personnelle. Le long et complexe rituel d'initiation est alors minutieusement décrit et expliqué. Le culte du héros populaire Lyangombe, auteur de mille actions admirables, est analysé et commenté. Et le *distinguo* est souligné: Lyangombe est un preux, pas un Dieu. Les relations avec Imana sont tout autre affaire et relèvent, elles, du Roi, lequel n'a, en revanche, rien de commun avec la Société Secrète, sinon qu'il en attire le Grand Maître à sa Cour, l'y attachant par des fonctions voyantes. Et l'auteur de conclure:

...dans la même nuit où se déroulaient les splendides veillées du Roi pauvre, des réunions misérables envisageaient de leur côté, un autre aspect du visage de l'homme et l'équilibraient.

Vient alors le chapitre-clé: Les Rois Mages. Deux phrases en synthétisent le contenu:

Une assemblée mystérieuse de rois mages tenait en échec le monarque « omnipotent » sur des points essentiels. Elle détenait secrètement les lois constitutionnelles et avait seule autorité pour les interpréter.

Ainsi donc, le souverain en apparence absolu, parce que de droit divin, détenait en réalité infiniment moins de pouvoirs que ses sujets l'imaginaient. Et ainsi le Rwanda se gardait-il des éventuelles sottises ou extravagances d'un monarque qui n'eût pas été assez capable ou assez consciencieux pour se consacrer exclusivement et avec plein succès au bien de l'Etat. C'est alors l'occasion d'un excellent parallèle avec le Statut des Pharaons, également d'origine divine, tout aussi omnipotents en apparence mais en fait tout aussi limités dans leur autorité par un collègue secret de prêtres.

Les « lois constitutionnelles » dont les rois mages, ou « Biru », étaient dépositaires et garants, sont sorties de la clandestinité en 1946 lorsque, sous certaines conditions, le Mwami MUTARA et, assurément, les Biru eux-mêmes, autorisèrent notre confrère l'abbé Alexis KAGAME à recueillir et consigner par écrit l'essentiel sinon la totalité des dix-huit poèmes d'allure protocolaire constituant le Code Esotérique. La relation de ce mémorable enregistrement revêt à nouveau le ton narratif que l'auteur manie à merveille. Et ainsi, sans effort, nous prenons connaissance de ce qu'il est possible et utile que nous sachions du contenu des quatre sections de ce monument juridique, trois décrivant « les prescriptions appelées magnifiquement les « Voies », « la quatrième synthétisant l'ensemble du Code ».

La section des « Voies » — qui rappelle souvent, en un tout autre contexte humain, les cérémoniaires byzantins — passe en revue l'ensemble des liturgies auxquelles le Roi participait en des occasions, choisies avec intelligence, pour enseigner au peuple. Cinq « Voies » constituaient ainsi des chemins cérémoniaires partant de la terre pour aboutir au Ciel: voie du Trône, de la Vache, de l'Agriculture, de l'Etranger et, finalement, Voie Indépendante. Dans ces solennités le Roi en apparence Maître de Jeu suprême, n'était en réalité qu'un acteur, pénétré de son rôle, et que surveillaient les Rois Mages.

A nouveau, à l'occasion de l'évocation d'une traversée d'histoire de ce Code par tradition uniquement orale — la versification y aidait —, de beaux commentaires sont énoncés à propos

de la

...connaissance spirituelle qui vient exclusivement de la Parole, et non de l'écrit, dont l'interprétation ne peut jamais être définitive.

Une jolie phrase détachée de ce passage:

Gutenberg porta à l'Esprit-Saint un coup dont nous subissons les conséquences tragiques.

Une comparaison significative aussi:

De nos jours, le Coran et la Bible continuent d'être appris par des récitations psalmodiées et rythmées qui ne diffèrent guère des « Académies de déclamation » du Rwanda.

Des informations sont aussi données sur l'organisation des interventions des Mages, sur le nombre et le rôle respectif de ces derniers, sur les collèges qu'occasionnellement ils composaient: collège du Grand Secret ou collège du Verbe, collège des Neuf, etc., sur le secret absolu auquel ils étaient tenus, même vis-à-vis du Roi, sur le rôle fondamental qu'ils jouaient en matière de succession au trône.

Puis, émanant de cette analyse du Code, se dégagent les remarquables impératifs imaginés pour assurer au pays la maîtrise du Temps, ce qu'en jargon contemporain nous nommerions une planification à terme séculaire. Quatre Bami successifs formaient invariablement un cycle, chacun d'entre eux ayant une mission nettement précisée et dont il lui était interdit de s'éloigner. Deux seulement pouvaient entreprendre des guerres de conquêtes, étendre le Royaume, après que les deux autres aient consacré leur règne à refaire les forces de la nation par une longue période de travail dans la paix. YUHI, le Roi-Vestale, terminait le cycle, que rouvrait MUTARA ou CYILIMA, le Roi-Patriarche. Et après que tous deux eussent bâti des armées et rempli les greniers, les rois guerriers KIGERI et MIRAMBUÉ pouvaient sortir des frontières et agrandir belliquusement le Royaume.

Humblement acceptés par leurs titulaires, les quatre noms-programme correspondaient dans le siècle aux quatre saisons de l'Action.

Et, entre YUHI et CYILIMA-MUTARA, une ère nouvelle était chaque fois solennellement inaugurée, par d'immenses liturgies étalées sur deux ans, et destinée à faire renaître un « Temps de l'Action ».

Ce chapitre, on le conçoit sans peine, se lit avec un intérêt passionné. Comme les précédents, il est animé par des descriptions-récits dont l'un des mieux venus relate les rituels d'auto-critiques imposés par les Biru en 1931 à MUSINGA et à sa redoutable Reine-Mère pour expier le guet-apens de RUCUNSHU.

Le dernier chapitre a pour titre: « Le Ballet de la Vie et de la Mort ». Il serait incompréhensible sans les éléments intelligemment évoqués et groupés dans les chapitres précédents. Il couronne dignement l'ouvrage, mettant surtout l'accent sur le rôle joué dans la lutte du Royaume contre le Temps par le choix — la naissance — d'un jeune Roi; par la mort — parfois provoquée, l'heure estimée venue — d'un vieux Roi.

A la nouvelle que « le Roi a bu » (sous-entendu: le poison, car le Roi ne meurt pas de mort naturelle, il se donne la mort) le pays prenait le deuil, hommes et femmes se rasaient complètement, deux seigneurs se donnaient volontairement la mort pour « faire l'oreiller du Roi », les « Hommes de la Bûche » confectionnaient la Momie.

La transition entre un Yuhi-Vestale et un Cyilima-Mutara est alors longuement relatée et commentée, correspondant donc à la relance du Temps de l'Action. Le deuil et la résurrection s'étendaient sur deux années pleines. Le moment fatidique correspondait à l'instant où le bâton pastoral, la crosse du précédent Roi-Vacher, momifié depuis un siècle, était solennellement placé dans les jeunes mains du nouveau souverain pastoral Mutara.

Le mécanisme de la régénération du Temps repose sur cette relève hallucinante d'un roi-vacher momifié par un roi-vacher vivant.

Le long rituel, marqué par de nombreuses cérémonies, émaillé de poèmes riches de signification, est caractérisé par deux cortèges qui, pendant de multiples jours, assurent la translation simultanée — avec traversée exceptionnelle de la rivière Nyabarongo — de la Momie vers l'occident, du Roi-Vivant vers l'orient. Des paragraphes magnifiques le détaillent, l'analysent et conduisent à un hymne au renouveau où non seulement le Royaume mais encore chacun des plus humbles sujets tourne une page et, soulagé, se dépouille d'alourdissantes chaînes du passé, convaincu que cette fin de cycle apporte aussi la fin des vexations qu'infligent aux vivants les morts récents et les mânes de toute la

durée de la période, l'arrêt de cette volée de « flèches décochées à une descendance oublieuse: morts d'enfants, maladies, stérilités, épizooties, ouragans, inondations, catastrophes volcaniques, guerres... ».

Pour l'instant, écrit DEL PERUGIA, il n'y avait plus de faute sur la terre: une rédemption venait d'y passer.

\* \* \*

Ainsi se termine, mes chers Confrères, le magnifique chapitre d'un magnifique livre. Après lui ne viennent plus que les quelques phrases que je recommande d'oublier.

Il n'entre pas dans mon rôle d'aujourd'hui, d'autre part, de formuler quelques objections personnelles sur des passages où je ne partage pas les conceptions de l'auteur, principalement sur la position particulière du Mwami MUTARA RUDAHIGWA, dont il n'est dit nulle part dans l'ouvrage que, sans aucune intervention des Biru pour le désigner, il avait été intronisé sur simple décision de l'autorité belge.

Ma péroraison, dès lors, sera brève: je conseille à tous ceux que le Rwanda intéresse et qu'une langue exceptionnelle réjouit de lire « Les derniers Rois Mages ». Je dirais même: de le lire, puis de le relire.

Janvier 1974.

## Zitting van 19 maart 1974

De zitting wordt geopend te 14 h 30 door E.P. M. Storme, voorzitter van de Academie voor 1974.

Zijn bovendien aanwezig: De HH. N. De Cleene, V. Devaux, J.-P. Harroy, A. Maesen, E.P. A. Roeykens, de HH. A. Rubbens, J. Sohier, E. Van der Straeten, leden; Mw A. Dorsinfang-Smets, de HH. A. Duchesne, J. Jacobs, R. Yakemtchouk, geassocieerden; de H. A. Coupeuz, correspondent, alsook de H. P. Staner, vaste secretaris.

Afwezig en verontschuldigd: De HH. A. Baptist, E. Bourgeois, A. Burssens, E. Coppeters, R.-J. Cornet, graaf P. de Briey, V. Drachoussoff, A. Durieux, W. Ganshof van der Meersch, N. Laude, E.P. G. Mosmans, de HH. A. Van Bilsen, J. Vanderlinden, A. Vandewoude, J. Vanhove, F. Van Langenhove, B. Verhaegen.

### « The 2nd National Development Research Conference »

De H. A. Rubbens legt aan de Klasse een nota voor van onze confrater A. Van Bilsen betreffende de „Second National Development Research Conference” ingericht door de East Anglia Universiteit in 1973.

Hij beantwoordt de vragen die hem gesteld worden door de HH. R. Yakemtchouk en J.-P. Harroy.

De Klasse beslist deze nota te publiceren in de *Mededelingen der zittingen* (blz. 142).

### « Esquisse de sémantique mongo »

De H. J. Jacobs legt aan de Klasse een werk voor van E.P. G. Hulstaert, correspondent van de Academie te Mbandaka (Zaire), getiteld als hierboven.



## Séance du 19 mars 1974

La séance est ouverte à 14 h 30 par le R.P. *M. Storme*, président de l'Académie pour 1974.

Sont en outre présents: MM. N. De Cleene, V. Devaux, J.-P. Harroy, A. Maesen, R.P. A. Roeykens, MM. A. Rubbens, J. Sohier, E. Van der Straeten, membres; Mme A. Dorsinfang-Smets, MM. A. Duchesne, J. Jacobs, R. Yakemtchouk, associés; M. A. Coupez, correspondant, ainsi que M. P. Staner, secrétaire perpétuel.

Absents et excusés: MM. A. Baptist, E. Bourgeois, A. Burssens, E. Coppieters, R.-J. Cornet, le comte P. de Briey, V. Drachoussoff, A. Durieux, W. Ganshof van der Meersch, N. Laude, R.P. G. Mosmans, MM. A. Van Bilsen, J. Vanderlinden, A. Vandewoude, J. Vanhove, F. Van Langenhove, B. Verhaegen.

### « The 2nd National Development Research Conference »

M. *A. Rubbens* présente à la Classe une note de notre confrère *A. Van Bilsen* sur la « Second National Development Research Conference » organisée par l'Université de East Anglia en 1973.

Il répond aux questions que lui posent MM. *R. Yakemtchouk* et *J.-P. Harroy*.

La Classe décide la publication de cette note dans le *Bulletin des séances* (p. 142).

### Esquisse de sémantique mongo

M. *J. Jacobs* présente à la Classe un travail du R.P. *G. Hulstaert*, correspondant de l'Académie à Mbandaka (Zaïre), intitulé comme ci-dessus.

De uiteenzetting wordt gevolgd door een bespreking waaraan deelnemen Mw *A. Dorsinfang-Smets*, de HH. *A. Coupez*, *J.-P. Harroy*, *R. Yakemtchouk*, *A. Rubbens*, *N. De Cleene*, *P. Staner* en *E.P. A. Roeykens*.

De Klasse beslist deze studie te publiceren in de *Verhandelingenreeks* in-8°.

### Jaarlijkse wedstrijd 1976

De Klasse beslist de eerste vraag van de jaarlijkse wedstrijd 1976 te wijden aan *het vraagstuk van de investeringen in de Derde Wereld* en de tweede aan de *semantiek*.

De HH. *A. Rubbens* en *J.-P. Harroy*, enerzijds, en de HH. *J. Jacobs* en *A. Coupez*, anderzijds, worden aangewezen om de tekst van deze vragen op te stellen.

### Administratieve mededeling

De *Vaste Secretaris* deelt aan zijn Confraters mede dat de Indiase Regering aan *E.P. K. Bulcke*, correspondent van de Academie te Ranchi (India) de titel verleende van „Padma Bhusan” met de vermelding „for distinguished service of high order in any field”, met het oog op de grote diensten bewezen door onze Confrater, die specialist is in Hindi en Sanskriet.

De *Vaste Secretaris* brengt er de Klasse van op de hoogte dat door ministerieel besluit van 11 mei 1973 (waarvan de Academie een gelijkluidend verklaard afschrift ontving op 27 februari 1974) onze confrater de *H. A. Durieux* benoemd werd tot lid van de Bestuurscommissie, in vervanging van wijlen de *H. M. Walraet*, van wie hij het mandaat zal beëindigen.

Anderzijds werden, door ministerieel besluit van 7 februari 1974 de mandaten hernieuwd van de HH. *A. Lederer* en *I. de Magnée* als lid van de Bestuurscommissie.

### Bibliografisch Overzicht

De *Vaste Secretaris* deelt aan de Klasse het neerleggen mede van de nota's 1 tot 8 van het *Bibliografisch Overzicht der Aca-*

Cet exposé est suivi d'une discussion à laquelle prennent part, Mme A. Dorsinfang-Smets, MM. A. Coupez, J.-P. Harroy, R. Yakemtchouk, A. Rubbens, N. De Cleene, P. Staner et le R.P. A. Roeykens.

La Classe décide la publication de cette étude dans la collection des *mémoires in-8°*.

### Concours annuel 1976

La Classe décide de consacrer la première question du concours annuel 1976 au *problème des investissements dans le tiers monde* et la deuxième à la *sémantique*.

MM. A. Rubbens et J.-P. Harroy d'une part, ainsi que MM. J. Jacobs et A. Coupez, d'autre part, sont désignés pour rédiger les textes desdites questions.

### Commission administrative

Le *Secrétaire perpétuel* signale à ses Confrères que le Gouvernement indien a conféré au R.P. K. Bulcke, correspondant de l'Académie à Ranchi (Inde), le titre de « Padma Bhusan » avec la citation: « for distinguished service of high order in any field » consacrant ainsi les éminents services rendus par notre Confrère, qui est spécialiste en littératures hindi et sanscrite.

Le *Secrétaire perpétuel* informe la Classe que par arrêté ministériel du 11 mai 1973 (dont une copie conforme a été remise à l'Académie le 27 février 1974) notre confrère M. A. Durieux a été nommé membre de la Commission administrative, en remplacement de feu M. M. Walraet dont il achèvera le mandat.

D'autre part, par arrêté ministériel du 7 février 1974, les mandats de MM. A. Lederer et I. de Magnée comme membres de ladite Commission, a été renouvelé.

### Revue bibliographique de l'Académie

Le *Secrétaire perpétuel* annonce à la Classe le dépôt des notices 1 à 8 de la *Revue bibliographique de l'Académie* 1974 (voir *Bull.*

*demie* 1974 (zie *Med.* 1964, blz. 1 181 en 1 463). De Klasse beslist ze te publiceren in de *Mededelingen* (blz. 149).

### Varia

*Versions et fragments de l'épopée mongo* door E.P. A. DE ROP.

In haar zitting van 18 mei 1971 heeft de Klasse beslist dit werk te publiceren. Het drukken werd uitgesteld wegens de financiële toestand van de Academie.

Gelet op de belangrijkheid van deze studie, belast de Klasse er de *Vaste Secretaris* mede alle middelen te onderzoeken om publikatie ervan mogelijk te maken.

De zitting wordt gegeven te 16 h 30.

1964, p. 1 180 à 1 462).

La Classe en décide la publication dans le *Bulletin* (p. 149).

### Divers

*Versions et fragments de l'épopée mongo*, par le R.P. A. DE ROP.

L'impression de ce travail, décidée par la Classe en sa séance du 18 mai 1971, a été différée en raison de la situation financière de l'Académie.

Considérant l'importance de cette étude, la Classe charge le *Secrétaire perpétuel* de rechercher tous moyens susceptibles d'en faciliter la publication.

La séance est levée à 16 h 30.

**Van Bilsen, A.-A.-J. — « Second National  
Development Research Conference »  
(20-22 sept. 1973, East Anglia University, Norwich)**

SAMENVATTING

Het „Institute of Development Studies” bij de Universiteit van Sussex (VK) heeft in 1970 het initiatief genomen personen uit het V.K. die zich bezighouden met research in verband met ontwikkelingslanden te groeperen.

Dit initiatief heeft aanleiding gegeven tot twee verwezenlijkingen: periodische conferenties (waar de deelnemers de gelegenheid krijgen hun aan gang zijnde research samen te vatten) en een „register”. Het „register of UK-based ongoing research”, bestrijkt minstens 75 % van de in het V.K. aan gang zijnde research.

De „Second National Development Research Conference” (1973, Universiteit van East Anglia), heeft de mogelijkheden onderzocht om de genomen initiatieven op Europese schaal uit te breiden.

Een voorlopig comité *ad hoc* werd tot stand gebracht. De stichtingskonferentie van de „European Association of Research and Training Institutions for Third World Development” gaat door aan de Rijksuniversiteit te Gent van 26 tot 28 september 1974.

RÉSUMÉ

L'« Institut of Development Studies » près de l'Université de Sussex (R.U.) a pris en 1970 l'initiative de grouper les chercheurs du R.U. s'intéressant aux problèmes du développement.

L'initiative a donné lieu à deux réalisations: des conférences périodiques (à l'occasion desquelles des chercheurs ont l'occasion de présenter leurs travaux en cours), et un « registre ».

Le « Register of UK-based ongoing research » couvre en 1973 au moins 75 % des travaux de recherche intéressés, en cours dans le R.U.

La « Second National Development Research Conference », (1973 à l'Université de East Anglia), a examiné la possibilité de voir se réaliser à l'échelle de toute l'Europe, la double initiative britannique.

Un comité provisoire *ad hoc* a été désigné. Du 26 au 28 septembre 1974 se tiendra à l'Université de Gand une conférence pour la création de l'Association européenne des Instituts de Recherche et de Formation pour le Tiers Monde.

\* \* \*

Einde 1970 is in de schoot van het „Institute of Development Studies” bij de „University of Sussex” (te Falmer, nabij Brighton, V.K.) het plan ontstaan kontakt en wederzijdse informatie tot stand te brengen tussen instituten en vooral personen die zich bezighouden met wetenschappelijk werk in verband met ontwikkelingslanden, op het gebied van de „social sciences”.

In september 1971 organiseerde het IDS in de Sussex University een eerste „Development Research Conference” en publiceerde meteen een eerste „Register”. Onder de 150 — bijna uitsluitend Britse deelnemers — bevonden zich o.m. Barbara WARD, Dudley SEARS (gewezen hoofd van de administratie voor technische samenwerking) en Celso FURTADO (Brazilië).

Meteen verscheen het eerste „Register of UK ongoing research”. Hierin werden de vruchten van een uitvoerige enquête gepubliceerd: per universiteit (of instelling die zich met wetenschappelijk werk terzake bezighield) werden de ter studie liggende onderwerpen in 4-5 lijnen vermeld, alsmede de namen van de betrokken vorsers. De auteurs van het „Register” streven naar een volledige lijst van de in het U.K. aan de gang zijnde „research” inzake social sciences. Een alfabetische index, op grond van de namen der auteurs, en een andere op geografische grondslag vergemakkelijken het hanteren van het „Register”.

Het register wordt jaarlijks door een nieuwe editie aangevuld en vervangen. Zo is in september 1973 — kort vóór de „second Development Research Conference” de 3e uitgave van het Register verschenen.

In deze 3e uitgave worden 446 (volgens schatting 75 % van al de aan de gang zijnde studieprojekten) vermeld, waarvan de auteurs behoren tot 55 universiteiten, instellingen of verenigingen. In het „Register” van 1973 worden daarenboven 71 research-onderwerpen vermeld (behorend tot 17 universiteiten) die buiten het domein van de sociale wetenschappen liggen, maar belangrijk geacht worden in verband met de studie van ontwikkelingslanden (biologie, scheikunde, geneeskunde, bouwkunde, milieuwetenschap, geologie, metallurgie, enz.). Het is de bedoeling van de auteurs het terrein der onderlinge informatie en kontakten te verruimen, ook al blijven de sociale wetenschappen het centrale element van het gehele opzet.

De werkmethode der „development research conferences” bestaat hierin dat, naast een viertal algemene vergaderingen met uitvoerige referaten over enkele belangrijke themas, al de deelnemers de gelegenheid krijgen in een aantal parallellopende sektie-vergaderingen, gedurende 10 minuten (inbegrepen 3 minuten discussie), hun onderwerp en aan de gang zijnde werk voor te stellen en toe te lichten.

Tijdens de 2e konferentie (in september 1973, aan de East Anglia Universiteit), waaraan ruim 200 belangstellenden deelnamen, werden niet minder dan 100 studieprojekten toegelicht en besproken. Deze mededelingen vonden plaats in de schoot van 15 „groepen”, met respectievelijk als algemene thema's:

1. Rural political economy.
2. Agricultural planning and extension.
3. Urbanisation.
4. Technology.
5. Agricultural innovation.
6. Cost-benefit studies, irrigation, agriculture and rural employment.
7. Village studies and migration.
8. International trade.
9. Land use and productivity.
10. Economic planning models.
11. Education.
12. Industrialisation.
13. Politics and development patterns: Africa.



14. Labour relations, income policy, health and demography.
15. Politics and development patterns: Asia and Latin America.

In een analyse van het „Register” (1) wordt de vraag gesteld of er vraag is naar ontwikkelingsresearch, en of de verspreiding van een dokument als het „register” dergelijke vraag niet zou stimuleren.

Niet minder dan 38,5 % van de ondernomen studies betreffen Afrika, 19,5 Azië (plus 4,5 % het Midden-Oosten), 13,5 % Latijns-Amerika en de Caribische gebieden, terwijl 16 % een algemeen karakter vertonen en b.v. de ontwikkelingslanden in hun geheel, of de Commonwealth, betreffen.

De in het register vermelde studiën worden voor 74 % gefinancierd door middelen voortkomend uit het V.K. (waaronder in de orde van belangrijkheid: de „Social Science Research Council”, de „Overseas Development Administration” — die 47 studies financiert —, de „British Council”, „Nuffield Foundation”, de diverse universiteiten, enz.) en voor 26 % uit externe middelen (V.N., andere internationale bronnen, USA, enz.).

De meeste studieprojecten (69 %) worden door één persoon uitgewerkt, sommige (84 %) door 2, sommige door meer (25 projecten van 3 personen, 10 van 4, 13 van meer dan 5).

De 541 projecten behoren voor 35 % tot het gebied van de ekonomie, voor 15 % tot dat van de aardrijkskunde, 12 % tot dat van de politieke wetenschap, 10 % behoren tot de sociologie, 7 % tot de anthropologie, 6 % tot de landbouwekonomie, enz.

\* \* \*

Een bijzonder en nieuw aspekt van de 2e konferentie (East Anglia) was dat de inrichters enerzijds vertegenwoordigers van de 3 ontwikkelingskontinenten hadden uitgenodigd: Semir AMIN (I.D.E.P. Dakar), Wignaraja POONA (U.N. Asian Institute of Economic Development and Planning, Bangkok) en Enrique OTEIZA (van de Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales, Buenos Aires), en anderzijds op een twintigtal genodigden uit vastelands-Europa (de Skandinavische landen, Nederland,

---

(1) Development Research in Britain, by Ronald DORE and John SPEED (with an appendix by Barry PEETERS), verschenen in het *Bulletin* van het Institute of Development Studies, Univ. of Sussex, oct. 1973, blz. 83-89.

Frankrijk, Duitsland, Polen, Zwitserland, België, het Development Center van de OESO, enz.) beroep hadden gedaan.

Tijdens een extra-bijeenkomst tussen de deelnemers van het Europees vasteland en de Britse inrichters, werd de oprichting overwogen van een „European development research association”. Een voorlopig Europees comité werd verkozen, waarvan R. JOLLY, directeur van IDS (en de drijvende kracht van de konferenties en het „Register”), Giulio FOSSI van het OESO-Development Center, René WADLOW, directeur aan het Institut d'Etudes du Développement te Genève, en ondergetekende deel uitmaken.

Dit Comité heeft voor taak te onderzoeken in hoeverre er in de verscheidene landen van vastelands-Europa belangstelling bestaat voor genoemd initiatief, en om desgevallend een concreet voorstel te doen. Het Comité zal in de loop van dit jaar verslag uitbrengen bij zijn opdrachtgevers.

4 januari 1974.

#### ADDENDUM

Hierboven genoemde nota werd op 4 januari ingezonden. Sindsdien heeft het voorlopig comité meer dan 80 antwoorden ontvangen uit een groot aantal landen van Europa, inbegrepen verscheidene socialistische landen van Oost-Europa, en besloten nog dit jaar de eerste „European Development Research Conference” in te richten.

Deze conferentie gaat te Gent door op 26, 27 en 28 september 1974.

Als specifieke thema's die zullen behandeld worden:

— De migrerende arbeiders in Europa (nl. uit de Middellandse Zee-landen) en de ontwikkeling;

— „Adjustment policies” (bedoeld wordt de politiek die door de Europese landen al dan niet gevoerd wordt met het oog op het aanpassen van hun economische en sociale structuur aan nieuwe wereldverhoudingen op het gebied van handel en ontwikkeling);

— Het vraagstuk van de scholing in verband met ontwikkelingssamenwerking.

Het is de bedoeling van het Comité bij deze gelegenheid de oprichting voor te stellen van een „European Association of Research and Training Instituts for Third World Development” - „Association européenne d’Instituts de Recherches et de Formation en matière de Développement pour le Tiers Monde”.

18 maart 1974.

**BIBLIOGRAFISCH OVERZICHT \***  
**Nota's 1 tot 8**

**REVUE BIBLIOGRAPHIQUE \***  
**Notices 1 à 8**

---

\* *Mededelingen der Zittingen* van  
de Academie, 1964, blz. 1181.

---

\* *Bulletin des séances* de l'Académie,  
1964, p. 1180.

**Myint (H.):** *Economic Theory and the Underdeveloped Countries* (New-York, Oxford University Press, 1971, 353 p. Collection "Economic Development Series").

L'auteur est actuellement professeur à la London School of Economics. Diplômé de l'Université de Rangoon et de la London School of Economics, il a précédemment enseigné l'économie des pays sous-développés à Oxford, il a été recteur de l'Université de Rangoon, conseiller économique du Gouvernement de Birmanie et de diverses institutions des Nations-Unies et membre de diverses missions d'étude. Sa formation, son enseignement et cette expérience approfondie des problèmes du sous-développement lui ont inspiré un ouvrage *The Economics of the Developing Countries* (1964) et un grand nombre d'articles dont les principaux sont rassemblés dans le présent ouvrage.

Il s'agit donc, comme le titre l'indique, de théorie économique. Quatorze « papers » sont articulés autour de quatre thèmes: la pertinence de la théorie économique classique et néo-classique pour analyser les problèmes des économies sous-développées et leurs politiques de développement, l'application de la théorie du commerce international au cas des pays en voie de développement, le rôle de l'enseignement, une comparaison entre politiques économiques planificatrices et protectionnistes (repliées sur elles-mêmes) et politiques plus libérales (ouvertes sur l'extérieur).

Mais qu'on ne s'y méprenne pas. La théorie qu'expose MYINT se situe à mi-chemin entre la théorie pure, formalisée à l'extrême, et les études inductives de cas concrets, elle ne recourt à aucune formulation mathématique, suit chaque fois un schéma très logique et est exposée de manière extrêmement claire. L'ouvrage est donc aisément accessible à quiconque dispose d'une bonne formation économique générale, sans autre spécialisation.

Enfin, on ne saurait assez souligner combien l'analyse de MYINT est rigoureuse et ses vues originales. Il se trouve donc souvent en totale contradiction avec les thèses actuellement acceptées, celles de la CNUCED notamment, au point que ses idées, parfaitement accordées à la pensée des auteurs les plus classiques, apparaissent très peu orthodoxes, « réactionnaires » au sens non péjoratif d'une opposition critique aux idées généralement reçues (qui sont, en effet, souvent les plus criticables).

12 juin 1973

André HUYBRECHTS

**Andreski (Stanislas):** *The African Predicament, A study in the Pathology of Modernisation* (London, Michael Joseph, 1968, 237 p.).

L'auteur, d'origine polonaise, vint en Grande-Bretagne avec l'armée polonaise au cours de la dernière guerre mondiale. Diplômé de l'Université de Londres, il a passé dans plusieurs universités britanniques et africaines, séjournant au total 8 ans dans plusieurs pays africains. Il dirige actuellement le Département de Sociologie de l'Université de Reading et est visiting professor au City College de New York.

La crainte d'être taxé de racisme, ainsi d'ailleurs que l'extrême susceptibilité des peuples neufs, se traduisent chez les économistes, sociologues et politologues actuels, au mieux par une sorte de pudeur, plus souvent par une hypocrisie plus ou moins consciente qui passe sous silence toute une série d'aspects moins flatteurs et moins favorables de la situation socio-politique des pays sous-développés et des pays africains en particulier. Autant dire que l'on considère que les Africains ne sont pas encore à même d'entendre certaines vérités ou de supporter une critique même constructive.

On ne saurait adresser ce reproche à l'auteur qui brosse une remarquable synthèse de la situation sociologique de l'Afrique noire post-coloniale (ou plus précisément de l'Afrique de l'Ouest, plus développée et plus urbanisée notamment que l'Afrique de l'Est que son évolution précède). Il n'en dissimule aucun des aspects déplaisants en soi et défavorables au développement: l'urbanisation sauvage et ses conséquences sur la cohésion familiale et la morale individuelle et publique, les politiques de prestige et comportements ostentatoires, la « cleptocratie » ou corruption et concussion généralisée, l'exploitation de la masse par les nouvelles bourgeoisies, l'autoritarisme du pouvoir, l'inexistence de nations véritablement ressenties comme telles par les citoyens, les aspects internes négatifs des politiques d'aide au développement (où ANDRESKI est un précurseur méconnu de Tibor MENDE) et les mythes des politiques d'enseignement accéléré. Ce diagnostic réaliste est complété par une analyse pénétrante des facteurs économiques, politiques et sociologiques qui expliquent les conflits et les désordres actuels.

Regrettons que le livre d'ANDRESKI n'ait pas été traduit à l'intention des Africains de langue française.

12 juin 1973

André HUYBRECHTS

**Martin (Marie-Louise):** *Kirche ohne Weisze. Simon Kimbangu und seine Millionenkirche im Kongo* (Basel, Fr. Reinherdt, 1971, 279 blz., 12°, 2 kaarten, foto's).

Dit werk verhaalt de geschiedenis van het Kimbangisme vanaf het vroegste begin tot op heden. Eerst wordt de voorgeschiedenis geschetst, d.i. de missionering van het koninkrijk Kongo, de profetische beweging van KIMPA VITA en de missionering tijdens de XIXe en XXe eeuw (blz. 17-57). Het tweede deel geeft de geschiedenis van Simon KIMBANGU en zijn beweging, van 1918 tot 1960 (blz. 61-162). Tenslotte wordt de huidige toestand van de Kimbangu-kerk beschreven, haar houding inzake politiek, de godsdienstige en sociale bedrijvigheid, de inhoud van leer en geloof.

De A. beschikte over een belangrijk dokumentatiemateriaal. Ze heeft nauwe kontakten met de leidende kringen van de Kimbangistenkerk te Kinshasa, waar ze instaat voor de theologische vorming van toekomstige predikers.

Het historisch gedeelte van haar studie laat echter op sommige plaatsen veel te wensen over. Ze kiest en aanvaardt al te gemakkelijk en zonder kritiek versies en interpretaties die stroken met haar visie inzake profetisme, genezingen en andere charismen. Anderzijds beoordeelt ze de beginperiode van het Kimbangisme te sterk vanuit het huidige neo-kimbangisme.

Haar voornaamste opzet is blijkbaar het bewijs te leveren dat de „Kerk van Jesus Kristus op aarde door de profeet Simon KIMBANGU” geen synkretistische sekte is, zoals zovele andere Afrikaanse godsdienstige bewegingen, maar een zuiver-kristelijke kerk, die de heilsboodschap van Kristus aanbiedt in Afrikaanse vormen en uitdrukkingen.

Stippen we tenslotte aan dat de A. er veel toe bijgedragen heeft om de Kimbangistenkerk te doen opnemen als lid van de Oekumenische Raad der Kerken.

15 juni 1973

M. STORME

**Bourrieres (Paul) et Destribats (Michel):** *Implantations industrielles dans le tiers monde - conditions du succès* (Paris, Editions Eyrolles, 1973, 144 p. Coll. du B.C.E.O.M.).

Paul BOURRIERES, polytechnicien, diplômé de l'Ecole des Ponts et Chaussées, du Centre des Hautes Etudes administratives et du Centre d'Etudes supérieures des Affaires, a été pendant 16 ans directeur du Bureau central d'Etudes pour les Equipements d'Outre-Mer (BCEOM) à Paris. Il a enseigné pendant plusieurs années la technologie du développement industriel à l'IEDES et est maintenant conseiller de plusieurs grands organismes internationaux de développement.

Michel DESTRIKATS, ingénieur civil des mines, est directeur général d'un important bureau d'études.

Les spécialistes des problèmes du sous-développement et de la coopération au développement s'intéressent de plus en plus à l'industrialisation du tiers monde: grands investissements pétroliers, miniers ou métallurgiques étrangers, « joint ventures », promotion des P.M.E. locales, substitution aux importations, industries d'exportation, codes des investissements, sous-traitance internationale..., autant de thèmes que l'on entend traiter de plus en plus souvent.

Or, en matière d'industrialisation, les pays sous-développés présentent un certain nombre de caractéristiques dont les unes sont favorables au développement industriel (telle la protection dont jouissent, de fait, les industries locales, en raison de l'éloignement de leurs concurrents), et les autres, malheureusement plus nombreuses, sont défavorables (telles les dimensions limitées de l'espace économique, la pauvreté d'une grande partie de la clientèle, l'absence d'un environnement économique et industriel pré-existant).

Le présent ouvrage apporte des éléments de décision dans un domaine complexe et où le risque d'échec est considérable. Il s'adresse aux pouvoirs publics des pays sous-développés, d'une part, aux promoteurs, de l'autre. Ces derniers n'apprendront cependant pas grand-chose, chacun sur l'activité qui est la sienne quotidiennement, alors que les responsables de la politique industrielle des pays sous-développés, au contraire, y trouveront une information générale mais qui devrait leur être fort précieuse.

14 août 1973

André HUYBRECHTS



**Dupriez (Gérard):** *La formation du salaire en Afrique, ou les conditions de l'insertion des économies de subsistance dans l'économie internationale* (Edité par l'auteur, Manil, 52. B-1301 Bierges, Belgique, XII + 430 p., 375 FB).

Gérard DUPRIEZ, docteur en sciences économiques et docteur en droit, a assumé pendant sept ans la responsabilité de l'analyse des problèmes du travail au sein de l'équipe de l'Institut de Recherches économiques et sociales de l'Université Lovanium de Kinshasa. Il a été ensuite directeur des études à l'Institut d'Economie scientifique et de Gestion (IESEG) à l'Université catholique de Lille, puis titulaire d'une bourse spéciale de doctorat du F.N.R.S. Il travaille maintenant au Département des Etudes économiques d'une importante société financière belge.

L'auteur commence par une analyse critique très pénétrante de l'économie d'auto-subsistance et des dualismes socio-économiques — pour lesquels il propose une série d'hypothèses alternatives réalistes — en faisant à juste titre un large usage des enseignements des sociologues de l'Afrique. Il démontre avec soin le mécanisme du travail migrant. Il démontre le caractère de revenu d'appoint du salaire (« de subsistance ») gagné dans le secteur moderne par rapport au revenu du milieu traditionnel.

Tout le processus de lente accession à l'économie moderne d'échange monétisé apparaît dominé par les conditions de l'équilibre du producteur moderne, lui-même soumis aux conditions de la concurrence internationale. Ceci ne revient cependant pas à dire que le secteur traditionnel subit passivement l'évolution; il faut, tout au contraire, lui reconnaître une logique propre, qui peut survivre un temps aux conditions qui la fondent mais que mine inéluctablement l'introduction de la monnaie. Son évolution débouche alors périodiquement sur de véritables mutations dans les conditions de l'offre de travail, qui s'imposent au secteur moderne de l'économie.

Gérard DUPRIEZ situe son analyse dans le contexte de l'Afrique Noire.

Voilà une thèse remarquable alliant l'analyse économique théorique la plus pénétrante à l'expérience vécue du réel et se situant dans le prolongement de toute une série d'autres contributions de l'école des économistes de Louvain.

6 novembre 1973  
André HUYBRECHTS

**Couturier (G.):** *Etude éthologique et biocénotique du peuplement d'insectes dans un verger « naturel »* Travaux et documents de l'O.R.S.T.O.M. n° 22, 96 p., 1973).

L'ouvrage de G. COUTURIER appartient plus au domaine de la faunistique ou des inventaires quantitatifs et à celui de l'autécologie, qu'à celui de la biocénotique. C'est dire qu'on peut lui reprocher un manque de synthèse évident au profit d'une étude analytique, cependant fouillée et très bien présentée.

Il est vrai que ce travail constitue une étape dans le cadre d'une vaste recherche sur la lutte intégrée en verger entreprise par le laboratoire de lutte biologique de l'INRA de la Minière (Versailles) dirigé par le professeur P. GRISON.

Dès l'introduction, on se rend compte combien les buts poursuivis par l'auteur sont ambitieux et trop généraux.

L'ouvrage comporte quatre parties; la première est introductive et présente le « curriculum » du verger étudié ainsi que les méthodes expérimentales. On y retrouve le vieux mythe de l'obligation de la normalisation de l'échantillonnage, notion toute fictive, alors que les travaux écologiques récents ont largement mis l'accent sur l'intérêt de l'échantillonnage hétérogène dont on mesure l'hétérogénéité de manière exhaustive.

Le deuxième chapitre traite de la répartition spatiale et temporelle de l'entomofaune. C'est de loin le chapitre le plus intéressant et qui fait toute la valeur scientifique de l'ouvrage grâce à l'ampleur du travail taxonomique et du dénombrement. On regrettera cependant qu'aucune méthode quantitative n'ait été utilisée afin de donner une opinion, même partielle, sur la confiance que l'on peut attribuer aux résultats.

La troisième partie tente de donner une synthèse de « l'entomocénose » du verger naturel en relation avec le niveau trophique des divers taxons. Cette partie comporte une intéressante discussion concernant l'incidence de l'entomofaune sur la productivité du verger et sur l'importance relative des principales espèces nuisibles.

Enfin, l'ouvrage se termine par une discussion générale et des conclusions émises dans la perspective de la lutte intégrée.

15 janvier 1974  
Prof. Ph. LEBRUN

**Champaud (Jacques):** *Mom - Terroir bassa (Cameroun) - Atlas des structures Agraires au Sud du Sahara* (Publié sous le patronage de la Maison des Sciences de l'Homme à Paris, 56, 11 fig., 7 cartes, Mouton et C°, Paris - La Haye, 1973).

L'auteur a choisi le village de Mom, dans le Cameroun du Sud, arrondissement de Malah, en raison de sa proximité de Yaoundé, et de sa situation au bord de la piste Otélé-Makak le long de laquelle habite environ un tiers de la population de cette circonscription.

L'étude est basée sur un relevé cadastral complet du terroir villageois y compris les champs de culture entre Mom et les villages voisins. Mom est, suivant l'auteur, privilégié par l'existence d'une gare, tend à se différencier des autres villages de la région et à devenir un village centre. Le nombre de non-agriculteurs devient plus important. Le village compte deux missions, plusieurs boutiques, un bar. Il n'y manque que quelques équipements supplémentaires, un dispensaire, un centre d'état civil en attendant la création d'un centre de district. Il manque à ce village une infrastructure permettant d'atteindre facilement les villages voisins afin de permettre l'extension des cultures face à l'accroissement du nombre des habitants et l'épuisement possible des terres.

A part des relevés cadastraux l'auteur a noté la généalogie des grandes familles, inscrit le régime foncier de chaque parcelle cultivée et étudié brièvement l'organisation sociale du village dans la mesure où elle apportait des éléments d'explication à la structure actuelle.

L'auteur est étonné de l'importance restreinte du cacaoyer qu'il attribue aux habitudes ancestrales, au fait que la propagande en faveur du cacaoyer et l'encadrement des paysans a été faible mais surtout au fait que les cultivateurs cultivent le palmier qui leur paraît dans l'ensemble plus intéressant que le cacaoyer.

Le palmier à l'huile est la source principale de revenus monétaires. La plupart des familles vendent de l'huile ou du vin. Il ne s'agit pas d'une culture ordonnée du palmier mais de quelque chose qui s'approche de la simple cueillette dont l'auteur souhaite une expansion non exagérée.

Le travail qui est avant tout une étude d'économie géographique et statistique dans un milieu rural, est basé sur des données assez exactes que l'auteur a relevé, pour la plus grande partie, lui-même. Cette méthode de travail donne à la publication une valeur scientifique certaine.

19 mars 1974

Professeur A.G. BAPTIST

**Lericollais (André):** *Sob - Etude géographique d'un terroir sérère (Sénégal)* Collection publiée sous le patronage de la Maison des Sciences de l'Homme, Paris, 110 p., 47 fig., 10 planches, 3 cartes, Mouton et C°, Paris - La Haye, 1972).

Cette étude est semblable à celle de Monsieur CHAMPAUD concernant le village de Mom au Cameroun \*.

La précision des données se rapportant à une cellule rurale au Sénégal a été obtenue grâce à un séjour prolongé dans le village Sob en Pays sérère au sud du Sénégal. Ce séjour prolongé a permis à l'auteur d'assister au déroulement de l'année agricole, de s'imprégner de la réalité sociale, et d'obtenir des renseignements précis et sûrs. C'est d'ailleurs ce qui frappe à la lecture du texte et l'examen des relevés statistiques et cartographiques.

L'auteur traite des problèmes démographiques et fonciers, du milieu naturel dont il conclut finalement qu'à Sob le relèvement du seuil de peuplement maximum est attribuable à la fertilisation par l'A. albida et l'apport de matière organique par le bétail.

Dans un second chapitre l'auteur s'attache aux fondements de la vie rurale à Sob ce qui l'amène à donner une description du village, de la pyramide des âges, des mouvements migratoires, des sols, du climat, du parcellement, de la structure foncière et du bétail. Au point de vue agricole retenons surtout: la faible superficie disponible par habitant (1 ha par habitant), l'amorce d'une émigration de jeunes actifs et la charge exceptionnelle du terroir en bétail (0,76 bovins à l'ha). Ces faits sont, suivant l'auteur, le signe d'un manque de terre et par conséquent de difficultés économiques.

Dans un troisième chapitre intitulé « Un terroir surpeuplé » l'auteur décrit l'activité des paysans, l'organisation du travail, le développement de la coopération et de l'équipement.

L'étude comprend 47 figures, schémas et cartes ce qui facilite grandement la lecture. A la fin de la publication se trouvent trois cartes se rapportant à l'utilisation des sols, la répartition foncière et les délimitations du terroir.

Dans son ensemble l'étude a le caractère d'une monographie concrète et objective.

19 mars 1974

Professeur A.G. BAPTIST

---

\* Voir notice n° 7, p. 156.

## KLASSE VOOR NATUUR- EN GENEESKUNDIGE WETENSCHAPPEN

Zitting van 22 januari 1974

De H. F. *Jurion*, directeur van de Klasse voor 1974, zit de vergadering voor.

Zijn bovendien aanwezig: De HH. P. Brien, M.-E. Denaeyer, A. Dubois, F. Evens, A. Fain, J. Jadin, J. Lebrun, J. Lepersonne, J. Opsomer, W. Robyns, P. Staner, J. Van Riel, leden; de HH. B. Aderca, E. Bernard, F. Corin, C. Donis, F. Hendrickx, J. Kufferath, J. Mortelmans, L. Peeters, L. Soyer, J.-J. Symoens, geassocieés et M. C. Fieremans, correspondant.

Afwezig en verontschuldigd: de HH. P. Basilewsky, G. Boné, J. Delhal, M. De Smet, G. de Witte, R. Germain, P.-G. Janssens, A. Lambrechts, R. Tavernier, R. Vanbreuseghem, M. Van den Abeele.

### Begroetingen

De *Directeur* brengt hulde aan zijn voorganger de H. R. *Vanbreuseghem*, en maakt aan de H. M.-E. *Denaeyer* de gelukwensen van de Klasse over voor de « *Prix général Charles-Louis de Saulses de Freycinet* », die de "Académie des Sciences de l'Institut de France" hem zopas toekende voor zijn studies over de vulkanologie van Centraal-Afrika.

### **« Classification des gisements d'étain, leur exploration, leur échantillonnage et l'évaluation de leurs réserves »**

De H. J. *Lepersonne* legt aan de Klasse een werk voor getiteld als hierboven, van de H. N. *Varlamoff*, correspondant van de Academie te New York.

De Klasse, rekening houdend met het belang van deze studie in de huidige conjunctuur, beslist ze zo vlug mogelijk te publiceren in haar verhandelingenreeks.

## CLASSE DES SCIENCES NATURELLES ET MEDICALES

Séance du 22 janvier 1974

M. F. Jurion, directeur de la Classe pour 1974, préside la séance.

Sont en outre présents: MM. P. Brien, M.-E. Denaeyer, A. Dubois, F. Evens, A. Fain, J. Jadin, J. Lebrun, J. Lepersonne, J. Opsomer, W. Robyns, P. Staner, J. Van Riel, membres; MM. B. Aderca, E. Bernard, F. Corin, C. Donis, F. Hendrickx, J. Kufferath, J. Mortelmans, L. Peeters, L. Soyer, J.-J. Symoens, associés; M. C. Fieremans, correspondant.

Absents et excusés: MM. P. Basilewsky, G. Boné, J. Delhal, M. De Smet, G. de Witte, R. Germain, P.-G. Janssens, A. Lambrechts, R. Tavernier, R. Vanbreuseghem, M. Van den Abeele.

### Compliments

Le *Directeur* rend hommage à son prédécesseur M. R. Vanbreuseghem et adresse les félicitations de la Classe à M. M.-E. Denaeyer pour le *Prix général Charles-Louis de Saulses de Freycinet* que l'Académie des Sciences de l'Institut de France vient de lui décerner pour ses études sur la vulcanologie de l'Afrique centrale.

### Classification des gisements d'étain, leur exploration, leur échantillonnage et l'évaluation de leurs réserves

M. J. Lepersonne présente à la Classe un travail intitulé comme ci-dessus de M. N. Varlamoff, correspondant de l'Académie à New York.

La Classe, compte tenu de l'importance de cette étude dans la conjoncture actuelle, décide de la publier dans sa collection de mémoires aussitôt que possible.

**« On a collection of Bucklandias from  
the Jurassic Rocks of the Rajmahal Hills (India) »**

De H. J. *Lepersonne* legt aan de Klasse een studie voor van de H. B.-D. SHARMA, getiteld als hierboven.

De H. J. *Lebrun*, verslaggever, beveelt er de publikatie van aan.

De Klasse aanvaardt dit voorstel en beslist de studie te publiceren in de *Mededelingen der zittingen* (blz. 164).

**« Morphologie de « piping » au Vénézuéla:  
une évaluation quantitative »**

De H. L. *Peeters* legt aan de Klasse zijn studie voor die bovenstaande titel draagt.

De Klasse beslist dit werk te publiceren in de *Mededelingen der zittingen* (blz. 174).

**« La semaine d'études des problèmes agronomiques  
intertropicaux (Gembloux 1972) »**

De H. F.-L. *Hendrinckx* ontleedt de resultaten van de „Semaine d'étude des problèmes intertropicaux” die van 11 tot 15 september 1972 gehouden werd in de Faculteiten van Agronomische Wetenschappen te Gembloux, en waarvan de verslagen zo pas gepubliceerd werden.

Hij beantwoordt vragen gesteld door de HH. J. *Van Riel* en F. *Jurion*.

De Klasse beslist deze studie te publiceren in de *Mededelingen der zittingen* (blz. 183).

**« Contribution à l'étude pétrologique  
et géologique du massif du Ruwenzori »**

De H. M.-E. *Denaeyer* legt aan de Klasse zijn verslag voor over bovengenoemd werk van de H. C. FÉLIX, dat door de H. J. *Lepersonne* voorgelegd werd op de zitting van 22 mei 1973.

De Klasse wijst de H. B. *Aderca* als derde verslaggever aan.

**« On a Collection of Bucklandias from  
the Jurassic Rocks of the Rajmahal Hills (India) »**

M. J. Lepersonne présente à la Classe une étude de M. B.-D. SHARMA, intitulée comme ci-dessus.

M. J. Lebrun, rapporteur en recommande la publication.

La Classe accepte cette proposition et décide de publier l'étude dans le *Bulletin des séances* (p. 164).

**Morphologie de « piping » au Vénézuéla:  
une évaluation quantitative**

M. L. Peeters présente à ses Confrères son étude intitulée comme ci-dessus.

La Classe en décide la publication dans le *Bulletin des séances* (p. 174).

**La semaine d'études des problèmes agronomiques  
intertropicaux (Gembloux 1972)**

M. F.-L. Hendrickx analyse les résultats de la semaine d'étude des problèmes intertropicaux qui s'est tenue à la Faculté des Sciences agronomiques de Gembloux du 11 au 15 septembre 1972 et dont les comptes rendus viennent de paraître. Il répond aux questions que lui posent MM. J. Van Riel et F. Jurion.

La Classe décide de publier cette analyse dans le *Bulletin des séances* (p. 183).

**Contribution à l'étude pétrologique  
et géologique du massif du Ruwenzori**

M. M.-E. Denaeyer soumet à la Classe son rapport sur le travail susdit de M. C. FÉLIX, présenté par M. J. Lepersonne à la Classe du 22 mai 1973.

La Classe désigne M. B. Aderca comme troisième rapporteur.



**« Assessment of biological value of a new corn-soy-wheat  
noodle through recuperation of Brazilian malnourished children »**

De H. J. *Van Riel* stelt aan zijn Confraters voornoemde publicatie voor van de H. *Ivan Beghin*, correspondent van de Academie.

De Klasse beslist deze voorstellingsnota te publiceren in de *Mededelingen der zittingen* (blz. 197).

**Geheim comité**

De ere- en titelvoerende leden, vergaderd in geheim comité, gaan over tot de verkiezing van de H. J. *Kufferath* als titelvoerend lid.

De zitting wordt geheven te 16 h 30.

**« Assessment of biological value of a new corn-soy-wheat  
noodle through recuperation of Brazilian malnourished children »**

M. J. *Van Riel* présente à ses Confrères la publication susdite de M. *Ivan Beghin*, correspondant de l'Académie.

La Classe décide de publier cette note de présentation dans le *Bulletin des séances* (p. 197).

**Comité secret**

Les membres honoraires et titulaires, réunis en comité secret, procèdent à l'élection de M. J. *Kufferath* en qualité de membre titulaire.

La séance est levée à 16 h 30.

**B. D. Sharma \*. — On a Collection of *Bucklandias*  
from the Jurassic Rocks of the Rajmahal Hills, India**

(Presented by Mr. J. Lepersonne)

ABSTRACT

Description is given of some of the interesting petrified stems of *Bucklandia* collected from the Rajmahal Hills. Size, shape and arrangement of leaf bases are not related with the diameter of the stem. Bracts are found on the branches which produce fructifications. Branches are monopodial, sympodial or dichotomous type. Thickness of vascular zone is also not related with the diameter of the stem. Leaf traces/bract traces are unilacunate and divide either in the wood zone or in the cortex and sometimes even in the leaf base into 5-7 collateral bundles. Relationships of *Bucklandia* with allied woods are also discussed.

SAMENVATTING

Een beschrijving wordt gegeven van interessante specimens versteende *Bucklandia*-stengels, verzameld in de Rajmahal-bergen. De afmeting, de vorm en de schikking van de basis der bladeren zijn niet in correlatie met de diameter van de stengels.

Schutbladeren worden gevonden op de takken met vruchtvorming. De takken zijn van het monopodisch, sympodisch of dichotomisch type.

De dikte der vaatweefselzones is evenmin in correlatie met de diameter van de stengel. De blader- en schutbladersporen zijn met enkelvoudige leemten, en verdeeld over de houtachtige zone of in de schors, en soms zelfs in de bladerbasis, in 5 tot 7 zijwaartse bundels.

De verhouding tussen *Bucklandia* en andere aanverwante soorten wordt eveneens behandeld.

---

\* Department of Botany, University of Jodhpur, Jodhpur, India.

## RÉSUMÉ

Description est donnée de spécimens intéressants de tiges pétrifiées de *Bucklandia* récoltés dans les monts Rajmahal. La dimension, la forme et l'arrangement de la base des feuilles ne sont pas en corrélation avec le diamètre des tiges.

Des bractées sont trouvées sur les branches qui produisent des fructifications. Les branches sont du type monopode, sympodique ou dichotomique.

L'épaisseur des zones vasculaires n'est également pas en corrélation avec le diamètre de la tige. Les traces foliaires, les traces de bractées, sont à lacunes uniques et réparties dans la zone ligneuse ou dans le cortex et même parfois dans la base foliaire, en 5 à 7 faisceaux collatéraux.

Les rapports entre *Bucklandia* et d'autres espèces apparentées sont également discutés.

## INTRODUCTION

The occurrence of *Bucklandias* is quite common in the Upper Gondwana System and particularly in the Jurassic rocks of the Rajmahal Hills, so much so, that all the four known species of *Bucklandia* from India e.g. *B. indica* SEWARD (1917), *B. sabnii* BOSE (1953), *B. guptai* SHARMA (1967) and *B. dichotoma* SHARMA (1970) were collected and described from this area. They are found in the forms of casts, molds, as well as petrified pieces of stems. Leaf bases are rhomboid and spirally arranged like those found on the outer surfaces of the trunks of living cycads and so, a number of earlier workers like OLDHAM & MORRIS (1863), FEISTMANTEL (1877), GANJU (1946), BOSE (1953a) and GUPTA (1954) described *Bucklandias* as cycadean stems.

*Bucklandias* are known from the Mesozoic rocks throughout the world. They are occurring mostly in the forms of casts and molds and rarely as petrified stems. So their anatomical structures are generally unknown. In majority of petrified species, wood is described as monostelic and picnoxylic e.g. *B. indica* SEW., *B. sabnii* BOSE, *B. choshiensis* NISHIDA (1969),

etc. or it may be polystelic and manoxylic as in *B. buzzardensis* (STOPES) SEWARD (1917).

Leaf trace is unilacunate and it divides into 5-7 collateral bundles before entering the leaf base. Pith and cortex are comparatively wide and mostly provided with mucilage canals.

Majority of *Bucklandias* are simple stems. However, branched specimens are also known. The latter may be monopodial, sympodial or dichotomously divided. *Bucklandias* are found in association with the Williamsonian fructifications and the leaves of *Ptilophyllum*. The former were produced either on the lateral sides or terminally on the stems (SHARMA 1971).

In the present paper there are described the variations found in the external morphology as well as the anatomy, in the material collected from the Jurassic rocks of the Rajmahal Hills. In the light of this study relationships of *Bucklandia* with allied fossil woods are also discussed. The material was collected from the fossiliferous localities of Amarjola, Hiraniduba and Chilgujari in the Rajmahal Hills, Bihar. Slides were prepared by the usual grinding and polishing processes, and mounted in canada balsam.

#### DESCRIPTION

External morphology: There are present a large number of petrified specimens in author's collections representing all the four known species of *Bucklandia* from India. They are of different shapes and sizes ranging in diameter from 0.7 - 6.5 cm. Majority of these specimens are cylindrical except those of the *Bucklandia guptai* (Plate 1A) which are elliptical in transverse section (SHARMA 1967). External surfaces of the specimens are provided with spirally arranged leaf bases (Plate 1C) or bract bases (Plate 1K) or both (Plate 1D,G). Leaf bases are of different sizes ranging from  $4-15 \times 3-10$  mm. They are either rhomboid (Plate 1A,H) or boat shaped (Plate 1I) and sometimes even circular (Plate 1N). The leaf bases are either sparsely placed (Plate 1N) or packed closely (Plate 1J), and sometimes overlapping giving imbricate appearance (Plate 1L). Leaf bases are either decurrent (Plate 1C), or nondecurrent (Plate

1 A,O). All these variations are not at all associated with the diameter of the stem. A thin stem may have large sized and sparsely placed leaf bases (Plate 1 N), while in a thick stem they can be decurrent, small and close (Plate 1 B,P). In *Bucklandia guptai* the upper half of each leaf base is provided with five vascular traces, out of which two are adaxial and three abaxial (Plate 1 A). While in other stems the vascular traces are present mostly in the lower half of the leaf base and they vary in number from 5-7 or more.

Bases of bracts are comparatively narrower and laterally expanded. Bracts are linear and are produced either only on one side of the stem (Plate 1 D,G) or they surround it completely (Plate 1 K). In some of the specimens bracts are present on the lower swollen part of the stem (Plate 1 E) and are absent in the narrow distal part, while in majority of the specimens bracts are found in association with the fructification or on the branches/peduncles which bear the fertile structures. Bracts are the reduced and modified leaves. They are produced in place of leaves (Plate 1 F,G).

In author's collection there are present both simple as well as branched specimens of *Bucklandias*. The latter are showing variation in the types of branching i.e. monopodial, sympodial or dichotomously divided. The secondary shoots produced are represented by either a small protuberance (Plate 1 O) or a circular cavity (Plate 1 F,I,M). Both these structures represent the point of attachment of the Williamsonian fructifications. In the former there was no fixed point of detachment while in the latter the fructification had a definite point of abscission (SHARMA 1971). Sometimes more than one branches are produced from a point on the stem (SHARMA 1967). However, in dichotomously divided stems, both the branches are equally developed and do not end into fructifications (SHARMA 1970).

Anatomy: Transverse section of a typical Indian *Bucklandia* shows wide pith and cortex with mucilage canals. Secondary wood is comparatively less developed, but it is compact (Plate 2 Q), unlike many of the foreign types. The secondary xylem is differentiated into growth rings. The thickness of vascular zone is not related with the diameter of stem. In some of the thick stems (Plate 1 B) the vascular zone is poorly developed and is

broken into segments (*Plate 2 T*), while in thin stems the vascular zone may be comparatively better developed and forms a continuous ring (*Plate 2 Q*). It has been observed that the thickness of vascular ring is not very much related with the close or sparse placement of leaf bases. In thin stems having closely placed leaf bases the vascular zone is well developed and in a continuous ring, whereas, in some of the thick stems which are covered with bracts the vascular zone is broken into segments. These segments may be simple or are changing in shape accordingly at the time of formation of leaf trace/bract trace from them (*Plate 2 T*). The thickness of vascular zone is also not related with the branching of the stem. It is thick and well developed in the branched specimens (SHARMA 1967) and may be poorly developed in some of the simple types.

Leaf trace arises from the main vascular ring. It is unilacunate and consists of a single collateral bundle in the beginning (*Plate 2 R, V, W*). This bundle then divides into 5-7 collateral and endarch bundles which are arranged more or less in a ring (*Plate 2 X*). The division of initial leaf trace takes place either in the region of vascular zone or immediately outside the vascular ring (*Plate 2 U*) or deep in the cortex (*Plate 2 X*). Sometimes the division is delayed and takes place in the leaf base (*Plate 2 S*).

Wood rays are uniseriate or multiseriate and a few to many cells in height. Tangential walls of tracheids are mostly smooth except spiral thickenings which are seen on the tracheids of primary xylem. Radial walls of tracheids are provided with scalariform or pitted types of thickenings. Bordered pits are circular, separate and uni to multiseriate. Pits in the cross field are small or large, simple or little bordered and are 1-10 in number (SHARMA 1967, 1970).

In majority of the stems of *Bucklandia* studied for the present paper, pith is provided with mucilage canals (SHARMA 1967). But in some of the thin stems it has been observed that the mucilage canals are absent and isolated patches of irregularly scattered tracheids are present (*Plate 2 Y*). These tracheidial structures are provided with spiral thickenings on their lateral walls similar to those found in the tracheids of primary xylem. In some of the thick stems which are covered with bract bases

there is seen a layer of an internal periderm in the region of pith (SHARMA 1973 in press). This layer is 3-5 cells thick and consists of thin walled rectangular cells arranged in rows.

## DISCUSSION

Mesozoic era is generally called as an age of cycads. Majority of plants survived during this era were provided with markings of rhomboid leaf bases on the outer surfaces of their stems, similar to those found in living cycads. Now we know that all those plants were not only cycads, but an assemblage of different groups of plants like Bennettitales, Pentoxylales and Cycadales. Out of these Bennettitales were more common in occurrence. This can be presumed by the fact that only four species of true cycadean stems are known so far from the Mesozoic rocks throughout the world e.g. *Michelilloa waltoni* ARCHANGELSKY and BRETT (1963), *Fascisvarioxylon mehtae* JAIN (1964), *Sewardioxylon sahnii* GUPTA (1960, 1971) and *Lysoxylon grigsbyi* GOULD (1971). Unfortunately in none of these types the leaf bases are preserved on the outer surfaces of their trunks. On the other hand Bennettitalean stems like *Bucklandia*, *Cycadeoidea*, *Monanthesia* etc. are represented by a large number of species. So it will be more correct to write that the Mesozoic era was dominated by the Cycadophytes rather than the cycads.

The variations found in the leaf bases on the stems of *Bucklandias* collected from the Rajmahal Hills show their different habits. In types having nondecurrent leaf bases, the leaves were produced at right angles to the stem whereas, in decurrent types they were borne obliquely and formed a crown of leaves at the top of the stem. The bracts were produced in relation of fructifications and their branches. They borne in place of leaves and so the bracts were anatomically similar to the petiolar part of leaves.

Except *Bucklandia dichotoma* the secondary branches produced on the stems of *Bucklandias* are small protuberances and are representing either the peduncle part of fructifications or the basal part of some kind of vegetative buds or bulbils similar to those found in the living genus *Cycas*. In cases where the fructi-



fications were sessile and produced directly on the lateral sides of stems, definite points of abscission were present which are represented now in the form of circular concavities.

The vascular zone is comparatively better developed in a vegetative stem than that of the fertile branch or peduncle. In the peduncle, thickness of wood gradually reduces (SHARMA 1973, in press) and ultimately in the receptacle part of the fructification the secondary xylem is completely absent. The vascular organization of a receptacle is consisted of a large number of inverted and exarch bundles which are devoid of secondary xylem (SHARMA 1970a).

Variations described in the division of the initial leaf trace/bract trace into 5-7 collateral bundless are neither related with the diameter of stem nor with the arrangement of the surrounding leaves or bracts. In majority of *Bucklandias* the initial trace divides in the wood zone and the delay in its division shows relationship with *Cycadeoidea*.

Recently BOSE and KASAT (1972a) have described the petrified material of the bennettitalean frond genus *Dictyozamites* Oldh. from the Rajmahal Hills. This frond possesses the vascular structures in the petiole similar to those described earlier in the genus *Ptilophyllum* MORR. (SHARMA 1967a, RAO & ACHUTHAN 1968, BOSE & KASAT 1972). This shows that not only the leaves of *Ptilophyllum* were produced on the stems of *Bucklandias* but also the fronds of *Dictyozamites* were associated with some of these stems. However, for the present it is a difficult task to speculate the exact species of *Bucklandia* and *Dictyozamites* which were organically connected with each other.

The discovery of isolated tracheids in the pith of *Bucklandia* has advanced the frontiers of our knowledge not only about the internal structure of this genus but also throws light on its relationship with primitive plants which possess scattered tracheids or pith bundles in their medulla, for example *Rhexoxylon piatnitzkyi* ARCHANGELSKY & BRETT (1961), *Sewardioxylon sahnii* GUPTA (1960, 1971) and *Fascisvarioxylon mehtae* JAIN (1964). However, the latter types differ in other anatomical characters from *Bucklandia*.

January 22<sup>nd</sup> 1974.

## REFERENCES

- ARCHANGELSKY, S. & BRETT, D.W.: 1961. Studies on the Triassic fossil plants from Argentina. 1. *Rhexoxylon* from the Ischigualasto Formation. *Philos. Trans. Roy. Soc. London*, Ser. B, 244: 1-10.
- & —: 1963. Studies on Triassic fossil plants from Argentina. 2. *Michelilloa waltoni* gen. et sp. nov. from the Ischigualasto Formation. *Ann. Bot.* 27: 147-154.
- BOSE, M.-N.: 1953. *Bucklandia sabnii* sp. nov. from the Rajmahal Hills. *Palaeobotanist* 2: 41-50.
- : 1953a. On some fossil cycadean stems from the Rajmahal Hills. *Ibid.* 2: 71-74.
- BOSE, M.-N. & KASAT, M.-L.: 1972. The genus *Ptilophyllum* in India. *Ibid.* 19: 115-145.
- & —: 1972a. On a petrified specimen of *Dictyozamites* from the Rajmahal Hills, India. *Ibid.* 19: 248-250.
- FEISTMANTEL, O.: 1877. Jurassic (Liassic) flora of the Rajmahal Group in the Rajmahal Hills. *Fossil Flora of Gondwana System Palaeont. indica*. Ser. II, Vol. 1 (2).
- GANJU, P.-N.: 1946. On a collection of Jurassic plants from the Rajmahal Hills. *J. Indian Bot. Soc.* 22: 51-85.
- GUPTA, K.-M.: 1954. Notes on some Jurassic plants from the Rajmahal Hills. *Palaeobotanist* 3: 18-26.
- : 1960. On the anatomy of a new cycadean type of stem *Sewardioxylon sabnii* gen. et sp. nov. Gupta from the Jurassic of Rajmahal Hills, Bihar. *Proc. 47th Indian Sci. Congr.* Pt. 3. P. 428.
- : 1971. Investigations on the Jurassic flora of Rajmahal Hills, India. 9. On the structure and affinities of *Sewardioxylon sabnii* gen. et sp. nov. Gupta, a petrified cycadean wood from the Rajmahal Hills, India. *Palaeontographica Abt. B.* 131: 160-166.
- JAIN, K.-P.: 1964. *Fascisvarioxylon mehtae* gen. et sp. nov., a new petrified cycadean wood from the Rajmahal Hills. *Palaeobotanist* 11: 138-143.
- NISHIDA, M.: 1969. A petrified trunk of *Bucklandia choshiensis* sp. nov. from the Cretaceous of Choshi, Chiba Prefecture, Japan. *Phytomorphology* 19: 28-34.
- OLDHAM, T. & MORRIS, J.: 1863. Fossil flora of Rajmahal Series in the Rahmahal Hills. *Fossil Flora of Gondwana System Palaeont. indica*. Ser. II, Vol I (1).
- RAO, A.R. & ACHUTHAN, V.: 1968. Further observations to our knowledge of *Ptilophyllum*. *Palaeobotanist* 16: 249-257.
- SEWARD, A.C.: 1917. *Fossil plants*. Vol. III. Cambridge.

- SHARMA, B.-D.: 1967. Investigations on the Jurassic flora of Rajmahal Hills, India. 4. On a new species of Indian *Bucklandia*, *B. guptai* with remarks on *B. sabnii* of Bose. *Ameghiniana* 4: 35-46.
- : 1967a. 3. A review of the genus *ptilophyllum* of Morris with description of two new species from Amarjola in the Rajmahal Hills. *Palaeontographica* Abt. B. 120: 139-150.
- : 1970. *Bucklandia dichotoma* sp. nov. from the Middle Jurassic rocks of the Rajmahal Hills, India. *Ameghiniana* 6: 303-308.
- : 1970a. On the vascular organization of the receptacles of seed bearing *Williamsonias* from the Middle Jurassic rocks of Amarjola in the Rajmahal Hills, India. *Ann. Bot.* 34: 1063-70.
- : 1971. On a collection of bennettitalean stems and fructifications from Amarjola in the Rajmahal Hills, India. *Palaeontographica* Abt B. 135: 48-52.
- : 1973 (in press). Anatomy of the peduncles of *Williamsonia* collected from the Jurassic of Amarjola, Rajmahal Hills, India. *Botanique*.

PLATE 1

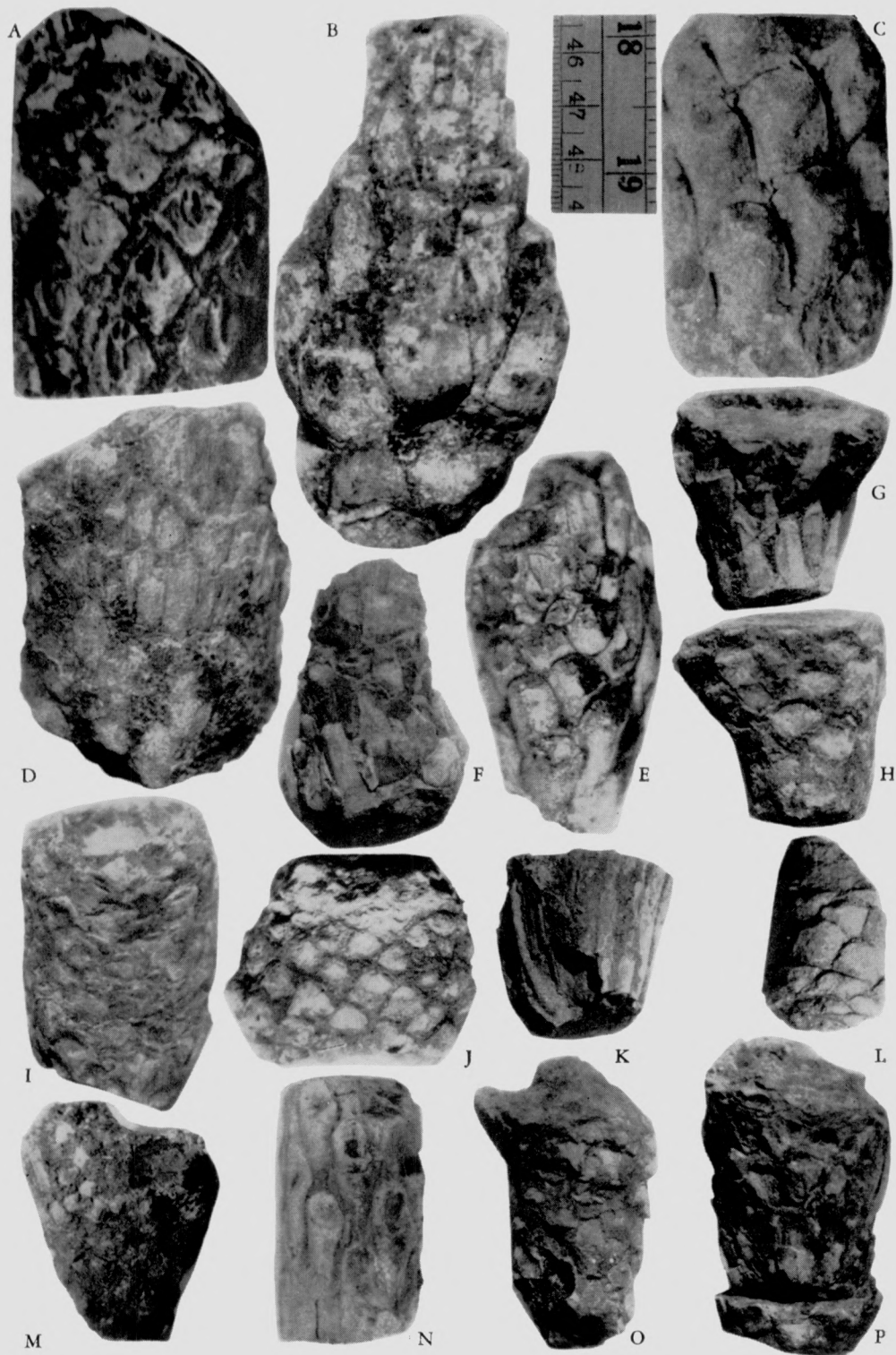
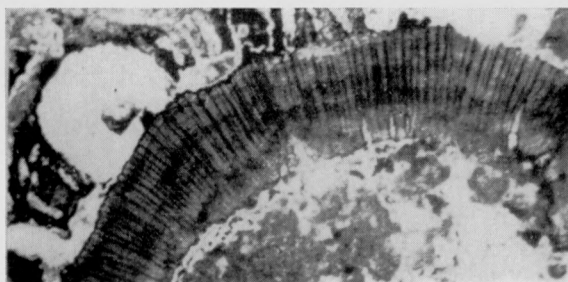
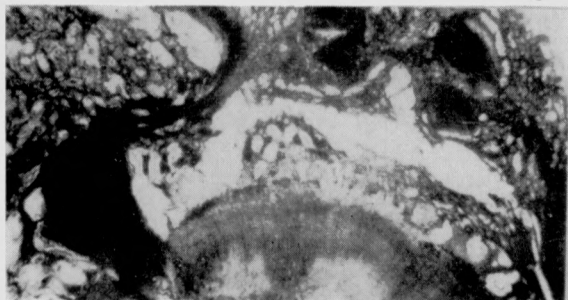


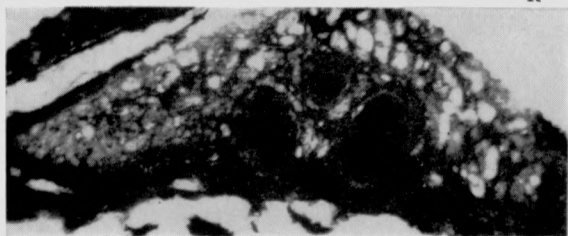
PLATE 2



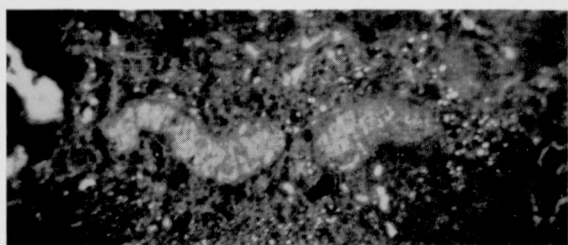
Q



R



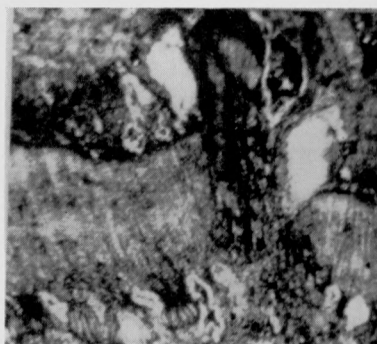
S



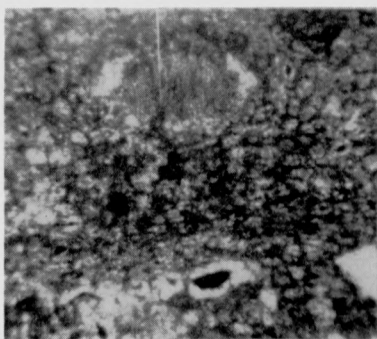
T



U



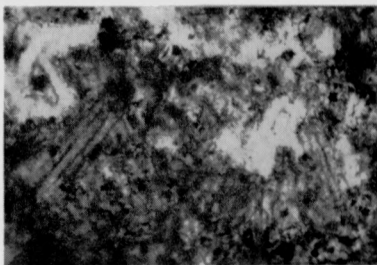
V



W



X



Y

EXPLANATION OF PLATES

Plate 1 (A-P)

- A. *Bucklandia guptai*. Nondecurent, sparsely arranged leaf bases each with five bundles.
- B. *Bucklandia* sp. Gradation in the size of leaf bases.
- C. *Bucklandia sahnii*. Large size decurrent leaf bases.
- D. *Bucklandia* sp. Small, narrow bracts on a part of the stem.
- E. *Bucklandia* sp. Lower swollen part with bracts.
- F. *Bucklandia* sp. Decurrent leaf bases and thick bracts on one side of a cavity representing the point of attachment of fructification.
- G, H. *Bucklandia* sp. Lateral expansion of stem and associated leaf bases.
- I. *Bucklandia* sp. Circular concavity representing the point of detachment of fructification.
- J. *Bucklandia* sp. Leaf bases reduced in size near the point of attachment of the fructification.
- K. *Bucklandia* sp. Narrow linear bracts surrounding the stem.
- L. *Bucklandia* sp. Overlapping leaf bases.
- M. *Bucklandia* sp. Branched specimen with a circular concavity representing the point of detachment of fructification.
- N. *Bucklandia* sp. Decurrent, circular and sparsely placed leaf bases.
- O. *Bucklandia* sp. A branched specimen.
- P. *Bucklandia* sp. Intermingled leaf bases and bract bases.

Plate 2 (Q-Y)

- Q. *Bucklandia* sp. T.S. thin stem, with a continuous and compact vascular zone. X 24.
- R. *Bucklandia* sp. T.S. thin stem, unilacunate leaf trace origin. X 24.
- S. *Bucklandia* sp. T.S. thin stem, division of leaf trace in the leaf base. X 24.
- T. *Bucklandia* sp. T.S. thick stem, poorly developed and segmented vascular zone. X 24.
- U. Same. A portion of vascular zone and the divided leaf trace. X 60.
- V. *Bucklandia* sp. T.S. thick stem, unilacunate leaf trace. X 24.
- W. *Bucklandia* sp. T.S. thick stem, undivided leaf trace in the cortex. X 24.
- X. *Bucklandia* sp. T.S. thick stem, vascular zone and a divided leaf trace in the cortex. X 24.
- Y. *Bucklandia* sp. T.S. thin stem, pith with isolated and scattered tracheids. X 60.

## **Leo Peeters. — Morphologie de « piping » au Vénézuéla : une évaluation quantitative**

### **RÉSUMÉ**

Parmi les facteurs, responsables d'une morphologie d'effondrement, due au « piping », il existe un élément anthropique, à savoir l'abandon d'un canal d'irrigation qui — de ce fait — s'est transformé en ruisseau, permettant ainsi l'évacuation latérale des eaux souterraines. Il apparaît ainsi que le « piping » constitue un facteur de géographie physique se développant suivant une vitesse qui est à l'échelle humaine historique de l'ordre de quelques dizaines d'années.

### **SAMENVATTING**

Instortingsmorphologie als gevolg van « piping » werd veroorzaakt door een serie van fysische factoren alsook door een anthropische faktor. Deze laatste bestaat uit de evolutie van een verwaarloosd irrigatiekanaal tot een beek, waardoor zijdelingse uitvloeijing van ondergronds water mogelijk werd. Hieruit blijkt dat « piping » een verschijnsel van fysische aardrijkskunde is dat zich ontwikkelt volgens een historisch-menselijke snelheid van de orde van enkele tientallen jaren.

\* \* \*

Il est déjà bien établi que les mouvements des eaux souterraines peuvent dans certains cas emporter des particules solides appartenant à des roches non calcaires. Ainsi se créent des vides souterrains qui, en s'accroissant, atteignent des dimensions telles que des formes d'effondrement se manifestent en surface. Ce mécanisme a été décrit sous plusieurs noms et on trouvera un



aperçu de cette nomenclature dans une publication de PARKER, G.-G., SHOWN, L.-M. et RATZLAFF, K.-W. (1). Il apparaît que le terme de « piping » est le plus utilisé.

FLETCHER, J.-E., HARRIS, K., PETERSON, H.-B. et CHANDLER, V.-N. admettent 5 conditions qui peuvent être responsables de phénomènes de « piping » tout en insistant sur le fait que ces 5 conditions ne doivent pas toutes être réalisées (2). Tout d'abord il doit y avoir une source d'eau. Ensuite, le degré d'infiltration en partant de la surface est supérieur au degré de perméabilité d'une formation à faible profondeur, ce qui a comme conséquence une accumulation d'eau au-dessus de cette formation. La composition de la couche supérieure, qui affleure en surface, doit être telle qu'elle puisse être érodée en partie. L'eau accumulée dans cette couche supérieure a un gradient hydraulique qui provoque son mouvement. Enfin, cette eau devra surgir en surface libre par des orifices latéraux. Il est évident que ces conditions peuvent être réalisées par toute une série de phénomènes donnant des résultats convergents et il en résulte que le « piping » à son tour peut se manifester dans des environnements différents les uns des autres. C'est ainsi que les facteurs responsables du « piping » dans certaines régions du Vénézuéla sont assez particuliers et feront l'objet de cette communication (3).

A environ 100 km à l'Ouest de Caracas s'étend le lac de Valencia. Des phénomènes de « piping » furent étudiés le long du versant sud du lac, au nord de la ville de Güigüe (*fig. 1*). Dans cette région de subsidence la rivière Güigüe a formé un important cône alluvial pendant le Quaternaire. Ce cône est composé d'une alternance irrégulière d'argile, limon, sable et gravier. Sa surface topographique possède une pente très faible

---

(1) PARKER, G.-G.; SHOWN, L.-M. et RATZLAFF, K.-W. (1964): Officer's Cave, a pseudokarst feature in altered tuff and volcanic ashes of the John Day formation in Eastern Oregon (*Bull. geol. Soc. Am.*, 75, 393-401).

(2) FLETCHER, J.-E.; HARRIS, K.; PETERSON, H.-B. et CHANDLER, V.-N. (1954): Piping (*Transact. Am. geoph. Union*, 35, 2, 258-263).

(3) L'auteur tient à exprimer sa reconnaissance envers les instituts et les personnes qui l'ont aidé à réaliser ce travail:

— Les recherches sur le terrain ont pu être effectuées grâce à l'intervention de l'« Instituto para la conservación del Lago de Valencia » et de l'O.C.D.

— Mlle C. BAETEMAN (Aardkundige Dienst van België) se chargea de l'analyse granulométrique des argiles.

— L'analyse thermique des argiles a été faite par Mme DE DONDER (Laboratoire de chimie industrielle - U.L.B.).



# LE GRABEN DE VALENCIA

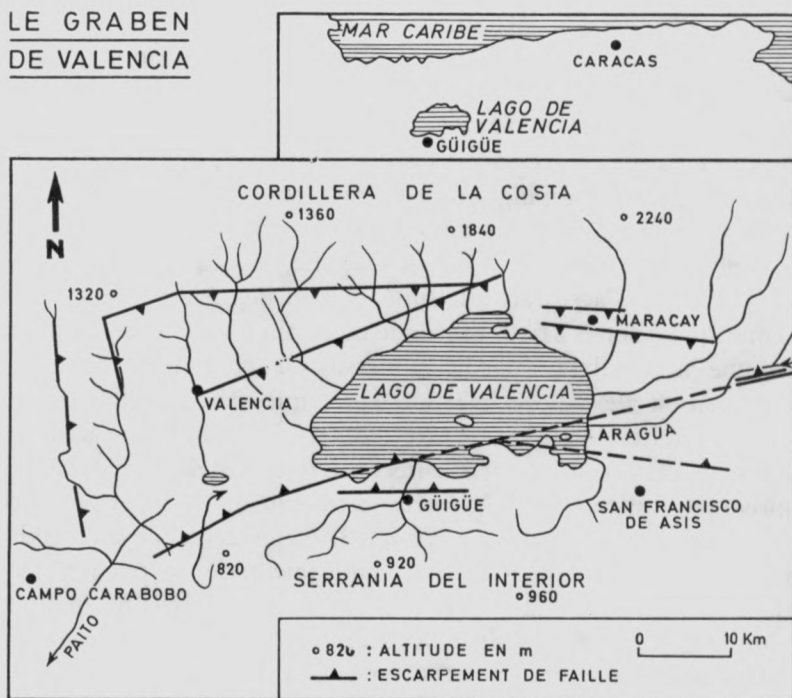


Fig. 1. — Le Graben de Valencia.

d'à peine 1° vers le lac. C'est dans cette formation que le « pi-ping » fut observé. Ajoutons, pour compléter le cadre physique, que la région possède un climat tropical à saison sèche bien marquée. D'après les données de la station météorologique d'El Trompillo (4) les précipitations annuelles moyennes atteignent 1 044 mm. La durée moyenne de la saison sèche est de 6 mois pendant lesquels il tombe en moyenne 49 mm de pluie. Cela implique que 95 % des précipitations annuelles se concentrent dans la saison des pluies, suivie d'une saison sèche très dure.

Durant la saison sèche de 1968 nous avons rencontré dans le relief monotone et aplani de la zone NW du cône alluvial, à faible distance des rives du lac, un canyon d'effondrement, coupant net une importante piste de jeep. L'effondrement s'étendait

(4) Les données relatives aux précipitations mensuelles de cette station furent gracieusement mises à la disposition de l'auteur par le Dr. G. POSEWITZ.

en longueur sur environ 1 500 m. Vers l'amont, il passait à un large chenal évasé qui, à son tour, se trouvait dans le prolongement d'un ancien canal d'irrigation abandonné. Le canyon était à sec mais le fond plat était clairement incisé par un étroit chenal d'érosion, indiquant ainsi un écoulement pendant la saison des pluies. Vers l'aval, le canyon était obstrué par des dépôts alluviaux, phénomène courant pour la plupart des petites rivières débouchant dans le lac. L'effondrement a dû être récent à ce moment, car les parois du canyon n'étaient pas encore recouvertes par la végétation.

Des observations plus détaillées eurent lieu pendant la saison sèche de l'année 1972. A cette époque, le canyon tout entier était envahi par des herbes et par des broussailles.

La *fig. 2* représente une coupe de la composition lithologique

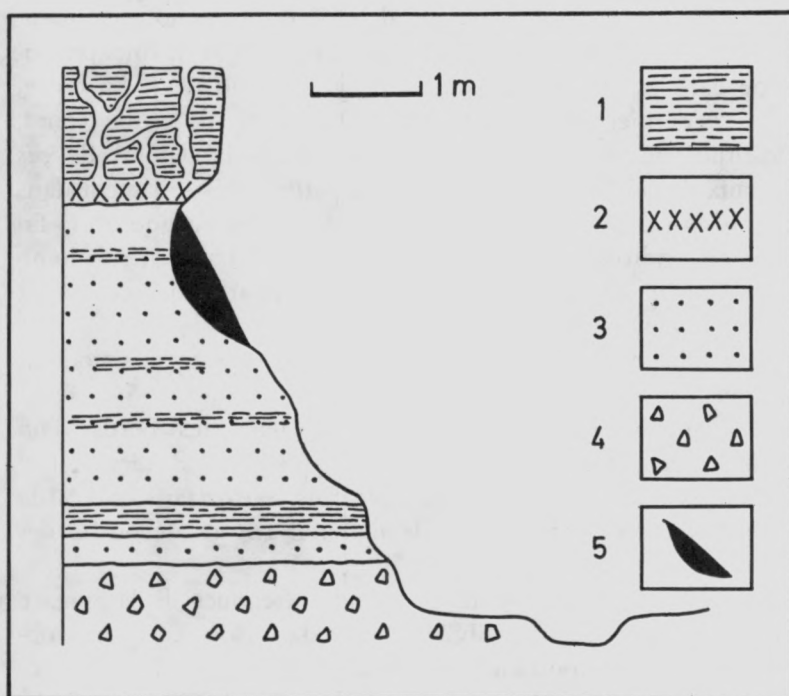


Fig. 2. — Coupe de la paroi du canyon.

- |                        |   |
|------------------------|---|
| 1: argile              | 4: gravier grossier, brun, compact      |
| 2: horizon pédologique | 5: zone de petits cônes de matériel fin |
| 3: gravier fin         |   |

des parois du canyon. On y distingue de haut en bas les formations suivantes:

1. Argile grise, très compacte (1m);
2. Gravier fin à couches minces et irrégulières de sable fin et d'argile (3 m). Au contact de l'argile grise se développe un horizon roux de 20 cm d'épaisseur (horizon pédologique?);
3. Argile très compacte et dure, riche en paillettes de muscovite (0,15 m);
4. *Idem* que 2) (0,25 m);
5. Gravier brun compact, grossier, à cailloux anguleux et arrondis (visible sur 0,75 m).

La couche d'argile n° 1 est traversée par un système digité de fentes de dessiccation (ouverture: quelques mm à quelques cm), qui débutent à la surface et se développent en profondeur sur toute l'épaisseur de la couche. On les observe en coupe dans la paroi du canyon et en creusant dans l'argile on note de nombreux petits chenaux communicants. On note le même phénomène dans la couche hétérogène de gravier fin n° 2. En outre, dans ce dernier cas, on constate la présence de petits cônes, constitués de matériel fin et cela au débouché latéral de ces chenaux dans la paroi du canyon. Ces petits cônes se situent dans le gravier fin juste en dessous du contact avec l'argile n° 1. En plusieurs endroits on constate que l'argile n° 1 est en surplomb et localement elle s'est effondrée, les débris argileux recouvrant ainsi la formation de gravier n° 2.

A ces observations réalisées sur les parois du canyon s'ajoutent les considérations suivantes:

Des phénomènes analogues existent dans les bords d'un chemin creux, non loin du canyon, et qui descend vers le lac: argile très fendillée; gravier et sable fins sous-jacents criblés de petits trous avec petits cônes de matériel fin au débouché des trous.

L'argile grise n° 1 couvre de grandes étendues de la surface du cône alluvial de río Güigüe. Durant la saison sèche on y observe partout d'importantes fentes de dessiccation, dont la profondeur mesurable atteint plusieurs dm. En plus, aux environs du canyon on note dans les champs des dépressions fermées et elliptiques du terrain, ayant des dénivellations de quelques dm à 0,50 m.

Les observations de terrain ont été complétées par des recherches au laboratoire qui portent sur l'analyse thermique de l'argile de surface ainsi que sur la composition granulométrique de cette argile, du gravier sous-jacent et des cônes de matériel fin.

Les minéraux argileux de l'argile en place sont la kaolinite, l'illite et la montmorillonite. La présence de la montmorillonite explique l'importance des fentes de dessiccation. Un échantillon d'argile, pris dans un des trous et qui représente le matériel argileux transporté à travers les chenaux donne une composition minéralogique analogue.

TABLEAU I. — Analyse granulométrique de l'argile

diamètre (en $\mu$ )	344-a <sub>3</sub> : argile en place (%)	344-a <sub>4</sub> : matériel transporté (%)
> 53	5,26	7,07
20-53	6,78	17,13
10-20	11,84	7,18
2-10	21,38	27,68
< 2	54,74	40,94

L'analyse granulométrique des deux échantillons précités se trouve sur le *tableau I*. Dans le matériel transporté, les pourcentages sont supérieurs à ceux du matériel en place pour les fractions 53, 20-53 et 2-10. Le réseau de l'argile en place est donc avant tout constitué par les fractions 10-20 et < 2.

Le *tableau II* donne l'analyse granulométrique du gravier fin, hétérogène et des petits cônes en matériel fin. On constate tout d'abord que les fractions grossières ont un pourcentage moins élevé dans les cônes que dans le matériel en place, où elles constituent l'élément le plus important dans le réseau du gravier fin. Les fractions qui s'enrichissent dans la composition des cônes s'étalent de 425  $\mu$  à 150  $\mu$ . Dans les deux cas (gravier en place et cône) il y a fort peu de différence dans le pourcentage des fractions très fines, d'ailleurs faiblement représentées dans le gravier en place. Toutefois, la fraction argileuse — à l'exception de celle < 2  $\mu$  — est toujours plus abondante dans le matériel des cônes et provient du lessivage de l'argile de surface.

TABLEAU II. — Analyse granulométrique du gravier fin, sableux

diamètre (en $\mu$ )	344-b: gravier et sable en place (%)	344-c: cône (%)
4000	1,7	—
2360	1,7	—
1410	6,4	2,6
841	20,1	9,2
595	16,1	13,1
425	20,7	25,7
297	9,1	15,8
212	8,6	15,4
150	2,6	4,4
105	2,6	3,8
75	1,3	1,2
53	0,8	0,8
20	—	—
10	3,0	4,7
2	1,9	2,3
< 2	2,9	0,9
perte	0,5	0,1

On peut donc conclure que l'eau souterraine entraîne de manière sélective une partie de l'argile et du gravier fin, créant ainsi un réseau de chenaux étroits dans les deux formations.

Les observations ci-dessus permettent de retracer le mécanisme du « piping », en tenant compte des conditions générales de ce phénomène, citées au début de cette note. L'origine de l'eau se trouve dans les précipitations violentes, qui, au début de la saison des pluies, pénètrent par les fentes de dessiccation dans l'argile de surface. Vu le nombre élevé des fentes, le degré de dispersion doit être considérable et la largeur de ces fentes augmente ainsi d'année en année. En effet, les chenaux dans l'argile près du canyon sont beaucoup plus ouvertes que les fentes de dessiccation normales, observées ailleurs pendant la saison sèche. L'eau souterraine chargée de particules argileuses en suspension circule à travers cette argile de surface et pénètre dans la couche de gravier fin sous-jacent, d'abord comme eau de percolation, puis, en emportant des grains des fractions  $425 \mu$  -  $150 \mu$ , à travers de multiples chenaux. Cette masse d'eau est retenue vers le bas par la couche argileuse imperméable n° 3 du profil décrit

plus haut. Des recherches effectuées par le groupe d'étude TAHAL (5) ont démontré l'existence dans le cône alluvial de rio Güigüe d'un gradient hydraulique général de  $\pm 4\%$  vers les bords du cône. Ce gradient provoque un mouvement latéral de l'eau souterraine.

Reste le problème de l'évacuation latérale des eaux. L'ancien canal d'irrigation n'est plus utilisé depuis longtemps déjà. Les eaux de pluie s'y concentrent en partant de la route Valencia-Güigüe, située en amont du cône alluvial, et ont transformé le canal abandonné en un véritable ruisseau. L'érosion verticale augmente en intensité vers l'aval, créant ainsi sur les bords du ruisseau deux surfaces libres qui recoupent l'argile de surface et le gravier fin. C'est le long de ces parois libres que l'eau souterraine revient en surface, déposant sa charge à l'orifice des petits chenaux. Seuls les petits cônes supérieurs ont des chances d'être conservés pendant une certaine durée. Les autres, situés plus bas dans les parois, sont emportés lors des crues du ruisseau.

Cette situation une fois réalisée, l'évolution du lit du ruisseau continue d'après le schéma classique des phénomènes de « piping »: élargissement du lit par effondrement des parois; approfondissement du lit par érosion verticale intense, vu l'apport latéral d'eau important. Le ruisseau se transforme ainsi en canyon dans sa partie aval. Des effondrements récents, ainsi que le chenal incisé dans le fond du lit du canyon, démontrent que l'évolution continue à l'heure actuelle.

On peut donc conclure que le canyon d'effondrement, dû au « piping », résulte de l'interaction des phénomènes suivants:

1. Le régime tropical des précipitations;
2. La composition lithologique du cône alluvial de rio Güigüe;
3. Un élément anthropique: l'existence d'un canal d'irrigation abandonné, dans lequel l'érosion verticale a creusé des parois libres, permettant une évacuation latérale des eaux souterraines.

L'importance de ce dernier facteur ne peut être sous-estimée dans ce cas particulier de « piping ». En effet, la plupart des

---

(5) TAHAL (1970): Estudio para el desarrollo de los recursos de aguas subterráneas en las regiones de Valencia, Barquisimeto, Coro, Pedegral, Maracaibo - vol. II, fig. V/C-13.

canaux d'irrigation originels fonctionnent encore actuellement. Dans ces canaux, la quantité et le débit des eaux sont sous contrôle et n'atteignent nulle part des valeurs telles pour déclencher une érosion verticale active. Ceci explique la restriction des phénomènes de « piping » au canal abandonné.

Dans la région étudiée, les premiers canaux d'irrigation furent tracés vers 1930, sous le régime du dictateur GOMEZ, époque pendant laquelle les grandes haciendas s'installaient et commençaient à mettre en valeur les terres du cône alluvial de rio Güigüe. On en conclut que dans le cadre physique décrit ci-dessus des phénomènes d'effondrement, dus au « piping », peuvent se produire après environ 40 ans. Mais, dès l'apparition d'un canyon d'effondrement, l'extension du phénomène va beaucoup plus vite. En effet, sur une distance des bords du canyon de quelques centaines de mètres on observe déjà dans les champs de nombreuses dépressions elliptiques fermées. On peut en conclure que le « piping » est un facteur de géographie physique qui agit suivant une vitesse qui est à l'échelle humaine historique.

22 janvier 1974  
Geografisch Instituut  
Vrije Universiteit te Brussel.

**F.L. Hendrickx. — La semaine d'étude  
des problèmes agronomiques intertropicaux  
(Gembloux, 11-15 septembre 1972)**

**RÉSUMÉ**

Du 11 au 15 septembre 1972, s'est tenu à Gembloux une semaine d'étude des problèmes agronomiques intertropicaux dont les comptes rendus viennent de paraître.

Furent successivement étudiés:

Le milieu;

Les plantes vivrières;

Les plantes à fibres;

Le problème des zones pastorales;

La protection des cultures;

L'économie forestière;

La mécanisation;

L'économie et le développement.

Ces assises ont permis de faire le point sur quelques problèmes prioritaires et d'étudier les moyens à mettre en œuvre pour provoquer une intensification de l'agriculture dans les pays du tiers monde. Elle a rendu possible la rencontre de spécialistes des domaines présentant de l'intérêt pour les pays en voie de développement.

**SAMENVATTING**

Van 11 tot 15 september 1972, ging in Gembloux een studieweek over intertropicale landbouwvraagstukken door waarvan de verslagen nu verschenen zijn.

De volgende onderwerpen werden achtereenvolgend besproken:

De omgeving (het milieu);

De voedingsgewassen;

De vezelplanten;



De veeteelt;  
De bescherming der culturen;  
De bosbouw;  
De mecanisatie;  
De economie en de ontwikkeling.

Deze studiedagen, gewijd aan de kwesties die voorrang verdienen in verband met de intensivering van de landbouw in de intertropicale gebieden, maakten een vruchtbare gedachtenwisseling mogelijk over de huidige toestand in de ontwikkelingslanden, tussen de aanwezige specialisten.

\* \* \*

La Faculté des Sciences agronomiques de Gembloux organise chaque année, avant la rentrée académique, une semaine d'étude consacrée à un sujet particulier.

En 1972, le thème portait sur les problèmes agronomiques intertropicaux. Les comptes rendus de cette manifestation, qui a réuni 134 participants, viennent d'être publiés sous la forme d'un épais volume de plus de 800 pages dont je voudrais vous entretenir avant d'en remettre un exemplaire pour la bibliothèque de la Classe.

La séance inaugurale s'est placée d'emblée à un niveau très élevé, grâce au magistral exposé introductif du professeur G. LASSERRE de l'Université de Bordeaux. Celui-ci a montré comment les facteurs écologiques, pédologiques, agronomiques et humains sont liés d'une façon indissociable dans l'étude des régions qui nous intéressent. Il a souligné comment la géographie et l'agronomie tropicale sont étroitement associées pour assurer la réussite de la « Révolution verte » qui doit apporter une solution valable au problème de la faim dans le monde par l'intensification de l'agriculture.

Le premier point qui a retenu l'attention est naturellement le milieu. Ce premier thème fut illustré par la remarquable conférence de notre confrère F. JURION, directeur général honoraire de l'INEAC. Elle avait pour titre: *Milieus écologiques et spécialisation agricole*. Au départ de quatre exemples: le blé, le riz, le café et le sucre de canne, le conférencier a formulé quelques

réflexions généreuses sur les réformes qui devraient être apportées à l'organisation des productions agricoles et à leur marché. Il a posé quelques questions pertinentes au sujet de l'orientation future de l'agriculture dans les pays chauds et a souhaité que, dans les pays développés, on fasse preuve d'imagination pour rechercher des solutions qui, tout en garantissant le bien-être acquis dans ces pays, laisserait une toute petite part aux moins favorisés.

Les communications qui suivirent comportaient les trois volets classiques de l'étude du milieu: pédologique, bioclimatique et phytocénotique. Seul, le premier a été couvert d'une manière systématique par trois exposés de synthèse sur les sols rouges tropicaux (ultisols et oxisols ferrallitiques), les sols noirs tropicaux (vertisols) et les sols arides (aridisols).

Il s'en dégage diverses conclusions.

L'actuelle classification des sols est une classification « naturelle » et génétique qui intègre des caractéristiques essentielles sur la nature des argiles, le chimisme du sol et la matière organique.

Le problème principal que posent les sols rouges tropicaux, dans le cadre d'une agriculture intensive, est celui de leur correction chimique en éléments majeurs (calcium, phosphore, soufre éventuellement) et mineurs (oligoéléments). En ce qui les concerne, les expériences de fertilisation ne peuvent se limiter au schéma NKP et, contrairement à une idée généralement admise, les engrais verts ne sont, à eux seuls, que peu efficaces comme moyen de fertilisation.

Malgré des propriétés physiques difficiles, les vertisols constituent une réserve importante de terres très fertiles pour la promotion des régions tropicales à saison sèche marquée, mais ils exigent un aménagement étudié et des eaux d'irrigation très pures.

Les sols arides posent des problèmes à l'agriculture et ne peuvent être mis en valeur que par une irrigation méticuleusement ajustée, afin d'éviter la dégradation structurelle et la salinisation.

Le volet bioclimatique s'est, comme il se doit, concentré sur le problème crucial de l'évapotranspiration et de la balance d'eau. La méthode du bilan d'énergie apparaît comme la plus

appropriée tant à l'échelle des bassins hydrographiques que des sites cultureux. Elle permet, entre autres applications, de nuancer et de quantifier les phases successives de la saison humide ou de la saison sèche, question d'une importance capitale pour les calendriers cultureux.

En matière phytocénotique, il n'était guère possible de faire place aux inventaires de prospections; les exposés se sont inscrits dans la perspective neuve et fondamentale de l'étude des écosystèmes et de leurs mécanismes énergétiques et chimiques.

Le premier procédé abordé, celui des jachères, demeure très actuel pour l'agriculture extensive et itinérante encore pratiquée dans nombre de régions tropicales isolées ou peu peuplées. En milieu équatorial, la capitalisation chimique par la jachère forestière est rapide et importante après quelques années, mais la libération des éléments fertilisants par incinération, n'est que partielle.

A cet égard, la jachère herbeuse est plus avantageuse et son pouvoir d'emmagasiner peut parfois se comparer favorablement à celui de la jachère forestière, avec néanmoins des écarts liés à la physiologie particulière des graminées, spécialement en ce qui concerne le potassium et le calcium.

L'étude des écosystèmes cultureux constitue une innovation cruciale dans la recherche agronomique tropicale. Elle a été illustrée par son application à une culture fourragère de *Panicum maximum* JACQ. en Côte d'Ivoire. Dans cette recherche intégrée et globale, tous les mécanismes de la production primaire sont analysés: bilan et dévolution du rayonnement, flux du vapeur, de chaleur et de CO<sub>2</sub>, productivité et efficience énergétique de la culture au cours de son développement, etc. Si fondamentales et théoriques que paraissent être de telles recherches, elles débouchent d'une façon directe sur des applications pratiques telles que, dans le cas présent, la détermination de l'index foliaire optimal et de la périodicité idéale des coupes. Il n'y a pas de doute que ce courant scientifique, où la mesure remplace d'intuition, n'ouvre à l'agronomie tropicale des voies fécondes et inattendues.

La journée du mardi fut entièrement consacrée à deux genres de cultures: les cultures vivrières et les cultures de rapport telles celle des plantes à fibres et plus spécialement celle du cotonnier.

Elles constituent un moyen d'intensification permettant la promotion des populations des régions tropicales.

La session relative aux plantes vivrières fut introduite par M.N. HARRISON de l'« International Institute of Tropical Agriculture » d'Ibadan.

Les exposés présentés au cours de cette séance, répondent à deux buts: il ne s'agit pas uniquement d'accroître la production par unité de surface cultivée et d'en améliorer la qualité, mais de nourrir efficacement un nombre plus élevé d'individus par unité de surface cultivée. Les sujets de toutes les communications présentées convergent d'une manière nette vers le facteur le plus indispensable à cette fin: une alimentation protéique équilibrée et quantitativement suffisante. Partout, on cherche à combler le déficit actuel de la manière la plus rapide et la plus simple et, par conséquent, on postpose le problème de la diversification alimentaire; mais, sans revêtir la même importance qu'auparavant, celle-ci subsiste.

Cet état d'esprit se reflète dans l'ensemble des communications. Tout d'abord, l'ordre prioritaire des plantes étudiées est révélateur à cet égard: il s'agit presque exclusivement de céréales et de légumineuses. En effet, il s'agit de deux groupes d'espèces végétales susceptibles d'assurer des productions élevées en protéines par unité de surface et dont l'efficacité nutritive se voit considérablement améliorée lorsqu'elles sont consommées toutes les deux, d'une façon équilibrée, au cours d'un même repas. L'action bénéfique se prolonge donc au-delà de la production par la rationalisation de la consommation.

Dans les cadres écologiques et sociaux particuliers aux régions envisagées, les problèmes ont été posés et des solutions, proposées à des niveaux les plus divers, englobent les aspects génotypiques et phénotypiques.

Les particularités des patrimoines héréditaires des cultivars ont été discutées, afin de définir les qualités que doivent présenter les élites de sélection.

Du point de vue phytotechnique, toute la gamme des interventions possibles dans les milieux concernés ont été envisagées, depuis les modes de travail du sol jusqu'aux techniques délicates d'inoculation microbienne en passant par les techniques de plan-

tation, de rotation, d'associations végétales culturales et par les modalités d'emploi de l'eau disponible et des engrais.

Le facteur humain a également retenu l'attention. L'amélioration de l'agriculture n'est possible que lorsque les populations rurales disposent d'une énergie physique et morale suffisantes. Or, chez tous les humains, l'énergie morale que nous apporte la première, ne peut être assurée sans une alimentation équilibrée et quantitativement suffisante.

La demi-journée consacrée aux plantes à fibres, fut principalement orientée vers les problèmes cotonniers. Les possibilités de culture des fibres jutières en Afrique centrale et occidentale ont également été évoquées.

Cette séance fut introduite par M. J. RAINGEARD, directeur technique de l'I.R.C.T., qui a mis l'accent sur la culture du cotonnier dans le monde et surtout pour les pays en voie de développement.

Il a montré, d'une part, dans quelle large mesure les techniques d'intensification avaient augmenté la productivité des régions intertropicales et, d'autre part, le rôle irremplaçable de la recherche scientifique dans le passé et dans le futur, pour mettre au point et pour perfectionner ces techniques.

Si la production cotonnière des pays situés dans les zones intertropicales n'a que légèrement augmenté par rapport à la production mondiale, il y a cependant un net déplacement des zones de production traditionnelles vers l'Amérique centrale et l'Afrique. C'est ainsi que la production africaine de la zone intertropicale, par exemple, est passée en 30 ans de 3,57 % à 6,47 % de la production mondiale; elle a donc pratiquement doublé.

Cette intensification a été possible en Afrique et en Amérique centrale par la mise au point de cultures intensives et par l'aide apportée aux producteurs par différentes instances.

Quant au rôle de la recherche agronomique dans l'intensification de la culture, il a été fondamental et a joué dans toutes les disciplines. Dans l'avenir ce rôle sera encore aussi important, si pas plus.

Tous les Instituts de recherches cotonnières, qui travaillent en Afrique et en Amérique latine, mettent d'ailleurs l'accent sur l'importance de la recherche interdisciplinaire. Elle seule permet-

tra d'obtenir des variétés et des techniques qui conviennent à des systèmes de culture intégrés plus productifs.

Afin d'augmenter la rentabilité de la culture cotonnière, l'attention s'est portée sur la valorisation des graines. D'une part, des études sont réalisées sur la teneur en huile, d'autre part, l'acquisition, par la génétique, du caractère « glandless » permet d'entrevoir une possibilité de valoriser davantage encore la culture cotonnière. La graine de coton représente en effet une source potentielle importante de protéines de grande valeur pour l'alimentation dans les pays en voie de développement.

On assiste donc actuellement à une évolution spectaculaire, où le cotonnier se mue en une miraculeuse culture à trois fins, en étant, tout à la fois, productrice de fibres, d'huile et de protéines.

Mais l'avenir de la production cotonnière dans les zones intertropicales reste étroitement lié à l'avenir de la production cotonnière mondiale, dont l'écoulement dépend des débouchés. Car si la consommation mondiale de coton continue à croître, on constate cependant que les pays très industrialisés font de plus en plus appel aux fibres synthétiques. La concurrence de celles-ci ne doit donc pas être mésestimée. Ce problème peut trouver une solution dans la modification des caractères présentés par les fibres produites par le matériel cultivé actuellement, et tout spécialement dans l'amélioration de leur résistance mécanique.

De nouvelles variétés, obtenues par l'utilisation en croisements de certaines espèces sauvages, présentent aujourd'hui d'excellentes combinaisons, c'est-à-dire, une bonne productivité associée à d'excellentes caractéristiques de la fibre.

Mais depuis quelques années, divers développements réalisés, tant dans le domaine de la filature que dans celui de l'achèvement, sont de nature à poser de nouveaux problèmes aux sélectionneurs. La propriété du coton et quelques caractéristiques de fibres, telles que l'allongement à la rupture, l'uniformité de la maturité et le comportement chimique ont, en effet, gagné largement en importance. Ceci montre la nécessité pour les biologistes chargés de l'amélioration du cotonnier, de garder des contacts suivis avec la recherche industrielle.

Il est encourageant de constater que malgré une farouche concurrence, le coton a bien résisté à ce jour. D'autre part, il paraît souhaitable que les pays industrialisés aident les pays

producteurs du tiers monde dans leurs efforts pour accroître la productivité, abaisser les prix de revient, améliorer la qualité et ouvrir de nouveaux secteurs d'utilisation. Ainsi, ils augmenteront le pouvoir d'achat des masses sous-développées, ce dont bénéficiera ultérieurement leur propre industrie.

La journée du mercredi nous a d'abord offert l'occasion d'entendre un exposé du docteur R. RIVIERE (Paris), introduction aux débats touchant les questions zootechniques. Il fit le point sur les problèmes posés dans le domaine de l'élevage et sur les solutions proposées pour permettre une exploitation rationnelle du cheptel.

D'une manière générale, les auteurs des communications ont souligné le manque de productivité numérique et pondéral des élevages traditionnels. Il semble bien que le déficit en viande, dont souffrent de plus en plus les grandes villes tropicales, ne sera pas résolu à longue échéance par une augmentation des effectifs, mais bien par une intensification progressive des troupeaux existants.

Le problème doit être envisagé séparément pour les structures de production industrielle et les élevages paysans traditionnels. En effet, les ateliers de production industrielle de viande bovine adaptent le niveau de l'intensification à la rentabilité de la spéculation. Or, celle-ci s'avère insuffisante dans les conditions actuelles s'il faut avoir recours à une alimentation artificielle.

Lorsque une saison sèche compromet l'état de santé et la croissance des sujets de boucherie, on adopte une phase de complémentation visant à réduire la perte de poids. Il y a lieu de choisir le complément à moindre frais et, dans certains pays, on utilise la graine de cotonnier de second choix, reçue gratuitement à l'usine.

L'intensification des élevages traditionnels se révèle plus complexe à cause de l'intervention des facteurs humains. De nombreuses communications ont révélé les possibilités d'intensification à partir d'études réalisées en station expérimentale. Mais, bien souvent, la diffusion du matériel et des méthodes se heurte à l'indifférence, l'incompétence et l'imcompréhension des éleveurs. De plus, elle interfère avec les procédés coutumiers résultant d'une longue tradition pastorale.



Une amélioration de l'infrastructure pastorale par des financements spécifiques constitue une première étape de l'intensification. Toutefois, elle reste insuffisante pour obtenir un accroissement de la production numérique des troupeaux. Il faut aller au devant de l'éleveur par la création d'un encadrement rapproché, compétent et efficace.

La formation des pasteurs en vue d'une modernisation de leurs méthodes porte sur l'importance génétique des mâles, la distribution de sels minéraux, la réforme des non-valeurs, l'alimentation et l'hygiène des veaux, les vaccinations et la lutte contre les maladies parasitaires. Pour arriver à un résultat, il est essentiel de découvrir une motivation suffisante et notamment la bonne commercialisation des produits.

Parmi les autres thèmes traités, susceptibles de provoquer une amélioration de l'agriculture traditionnelle, il y a lieu de citer des communications plus spécialisées. Elles ont trait à l'association de l'agriculture et de l'élevage telle qu'elle est pratiquée dans divers pays, l'élevage dans la zone sahélienne, la possibilité d'emploi de la mélasse dans l'alimentation du bétail, l'utilisation de la traction animale en agriculture et les problèmes techniques et sociologiques qu'elle pose.

L'autre demi-journée du mercredi a été consacrée à l'étude des problèmes posés par la lutte contre les maladies et les insectes nuisibles qui affectent les cultures du cotonnier et des plantes vivrières. Ces problèmes sont, en Afrique et dans les autres régions intertropicales, d'une grande importance pratique et jouent un rôle essentiel dans le développement et l'intensification de ces cultures.

La conférence introductive, présentée par M. R. DELATTRE, directeur de la Division phytosanitaire de l'I.R.C.T., retrace l'évolution des traitements phytosanitaires dans la protection des cultures cotonnières en Afrique. Le conférencier a attiré l'attention sur la nécessité et les raisons économiques de la lutte chimique, sur l'évolution des techniques d'épandage et sur leur adaptation à différents problèmes régionaux.

Divers auteurs ont ensuite illustré, par des communications spécialisées, comment le problème général ainsi défini a été résolu, pour le cotonnier, dans certaines régions.



Le second thème important de la demi-journée concernait la protection des plantes vivrières dans les champs et des produits alimentaires emmagasinés. L'intensification des cultures vivrières implique le développement de la lutte contre les maladies de ces plantes. On a surtout recours aux moyens biologiques liés à la sélection, aux façons culturales et à la lutte chimique là où elle est possible actuellement. Les principales règles pratiques de l'utilisation de variétés résistantes ont été définies et l'accent a été mis sur la nécessité d'une collaboration étroite entre les spécialistes de l'amélioration des plantes et les phytopathologistes.

Un autre aspect important de la protection des cultures vivrières est la lutte contre les mauvaises herbes. La modernisation et l'intensification des cultures vivrières requièrent, à côté des techniques de sarclage mécanique, le recours à des herbicides chimiques. En milieu intertropical, les recherches dans ce domaine se heurtent à des difficultés spécifiques et n'en sont encore qu'au stade expérimental. Les premiers résultats obtenus sont cependant encourageants.

Mais, à quoi sert de produire d'avantage de nourriture, s'il n'y a pas moyen de la conserver en bon état après la récolte. De nombreux et dangereux prédateurs provoquent, encore maintenant, des pertes considérables de ce côté. La lutte contre les ennemis des produits alimentaires emmagasinés est donc une question très importante, qui a fait l'objet du dernier thème de cette demi-journée.

Les problèmes d'économie forestière ont fait l'objet de la session du jeudi matin.

Le thème de la conférence présentée par M. V. HEYMANS, F.A.O. Investment Center: *Le financement des projets forestiers*, trouve une justification remarquable dans plusieurs communications; il en définit les objectifs, la substance et le cheminement dans les conditions particulières des pays intertropicaux.

L'apport de communications autorisées dans les domaines respectifs de l'économie forestière globale et africaine, des industries, des exploitations, de la gestion, de la commercialisation des produits, et des contraintes technologiques et géographiques, est aussi limpide que préoccupant.

L'accélération de l'exploitation des forêts denses économiquement accessibles annonce, sous leur forme actuelle, un épuisement complet des ressources forestières sauvages dans des délais relativement courts mais qui n'excéderont pas dix ans.

L'étalement de l'exploitation des forêts naturelles en vue de réaliser une soudure souhaitée avec celle des forêts domestiquées est très problématique.

La mobilisation de l'importante réserve centre-africaine est compromise à la fois par les difficultés de l'élaboration et de la mise en place d'une infrastructure adéquate et par la concurrence d'autres zones tropicales.

Les contraintes technologiques résultant d'une grande variété d'essences ainsi que les nécessités de la commercialisation des produits sont reconnues. Les placages de construction, dont l'étude est digne du plus haut intérêt, permettraient de tirer une production d'usage technique courant d'une manière première diversifiée.

Une méthode originale de photographie aérienne particulièrement prometteuse est due à nos collègues canadiens qui témoigne de l'intérêt de ce pays pour les régions tropicales. Une méthode moderne d'inventaire des forêts tropicales humides est nécessaire à toute planification et aux activités de gestion.

Malgré l'appel lancé par la revue internationale *World Wood*, nous n'avons pu bénéficier de l'apport des industriels sur lequel nous comptons sans les domaines des coûts des transformations et des transports.

Il apparaît clairement que l'intensification nécessaire des productions forestières, dans les zones tropicales humides, ne pourra être abordée fructueusement que sur la base d'une approche intégrée comportant l'analyse de la complémentarité des phases de production, de transformation et de commercialisation. C'est à cette condition que les ressources naturelles renouvelables les plus importantes de notre zone pourront être mobilisées en vue de son développement économique.

Cette approche implique une collaboration à la fois intrazonale et internationale, ainsi que des recherches appliquées spécifiques et un effort de financement adéquat.

Les perspectives économiques en matière forestière sont très largement ouvertes, sous certaines conditions, aux zones tropi-

cales humides; il n'est dès lors pas étonnant que leur étude ait suscité l'intérêt du FAO/Investment Center et de spécialistes de deux pays aussi sensibilisés aux possibilités forestières que le sont la Suède et le Canada.

L'inadaptation de certaines machines agricoles courantes au milieu intertropical provient du retard de l'agronomie tropicale sur celle des pays tempérés. En effet, la recherche dans ce domaine est née dans les pays tempérés et pour ces pays. C'est ce qu'a très bien fait ressortir M. J. PRADÉ au cours de la session du jeudi après-midi dans une conférence intitulée: *Etude comparative des problèmes de mécanisation en zone tropicale et en zone tempérée*. Il a montré qu'en zone tempérée, où la main-d'œuvre est le facteur de production limitant, la machine s'est introduite dans tous les travaux et dans la majorité des exploitations. Dans cette zone, la machine est devenue le principal facteur de la productivité agricole.

Dans les régions intertropicales, l'auteur estime que le machinisme est un facteur essentiel de l'intensification de l'agriculture. Son introduction se heurte cependant à divers obstacles.

Ces contraintes imposent, dans les zones tropicales, de définir et d'adopter les formules de mécanisation les moins onéreuses, les plus productives et les plus sociales. Il n'en reste pas moins vrai que la mécanisation est bénéfique là où elle est introduite conjointement avec d'autres facteurs d'intensification.

Divers exemples concrets de mécanisation, tant dans les cultures alimentaires qu'industrielles furent fournis dans les communications qui suivirent.

Au Sénégal, la culture attelée légère à traction asine ou équine a amélioré le milieu cultural, valorisé le capital foncier, le travail de l'homme et le capital d'exploitation, tout en libérant le cultivateur des tâches les plus pénibles.

Dans la zone intertropicale humide de la Côte d'Ivoire, où la culture attelée est très délicate, une formule de mécanisation a été donnée qui répond au problème de l'extension des surfaces cultivées.

Pour ce qui est des cultures industrielles, l'exemple utilisé a été celui de la canne à sucre pour laquelle toutes les opérations, du labour à l'usinage, peuvent être mécanisées. Là où les impératifs économiques l'ont imposé, comme aux Etats-Unis et en

Australie, la mécanisation est totale y compris la coupe de la canne, tandis que là où d'autres conditions prévalent, la mécanisation intégrale de la récolte ne s'impose pas encore. Pour ces pays, la mécanisation de la récolte, limitée au chargement des cannes coupées manuellement apparaît, pour un certain temps encore, plus certainement rentable.

En outre, il a été montré combien complexes sont devenues les machines agricoles modernes et en particulier la moissonneuse-batteuse. Elles imposent aux constructeurs des usinages à faible tolérance et des mises au point minutieuses pour atteindre les performances techniques et économiques exigées par l'utilisateur.

Enfin, le dernier jour, les problèmes économiques ont été abordés. Ils ont été introduits par la conférence donnée par M. J. FERRANDI, directeur général adjoint aux Communautés économiques européennes, chargé du Fond européen de Développement (F.E.D.). Le sujet choisi, *Agriculture et industrialisation*, pose le problème important mais combien épineux de l'industrialisation qui ne peut être dissocié de son contexte. L'intensification de l'agriculture doit nécessairement conduire à la mise en place d'usines de traitement ou de conditionnement des produits agricoles. Le conférencier, après avoir abordé les grands problèmes de l'industrialisation, a exposé la politique suivie par le Fond européen de Développement en la matière et la part accordée tant au financement des projets agricoles qu'à celui d'unités industrielles.

Les communications qui ont ensuite été présentées peuvent se classer en deux rubriques. La première traite des problèmes généraux du développement et du sous-développement, la seconde de cas concrets de développement rural, axés spécialement sur l'intensification des productions. C'est ainsi que des réalisations au Sénégal, en Haute-Volta, à Madagascar et au Rwanda ont servi d'illustration à cette partie des débats.

Cette synthèse des travaux de la semaine d'agronomie tropicale ne peut donner qu'une idée fort imparfaite de la richesse des sujets traités et de l'esprit constructif qui a animé tous les participants. C'est pourquoi je vous renvoie au texte complet des comptes rendus pour de plus amples détails.

La manifestation a permis de faire le point sur quelques problèmes prioritaires et d'étudier les moyens à mettre en œuvre

pour provoquer une intensification de l'agriculture dans les pays du tiers monde. Elle a rendu possible la rencontre d'éminents spécialistes de ces différents domaines présentant de l'intérêt pour les pays en voie de développement.

22 janvier 1974.

**J. Van Riel. — Présentation de « Assessment of biological value of a new corn-soy-wheat noodle through recuperation of Brazilian malnourished children »**

**Ivan Beghin, Alvaro Vieira De Mello,  
Tereza Costa, Emilia Monteiro,  
Ma Anunciada Lucena and Ramanita Varela**

*(The American Journal of Clinical Nutrition,*  
26, March 1973, p. 246)

L'intérêt du travail de notre confrère Y. BEGHIN et de ses collaborateurs, que j'ai l'honneur de déposer en leur nom sur le bureau, m'a paru mériter plus qu'une simple citation parmi les hommages d'auteur car il apporte une contribution intéressante à la lutte contre la malnutrition protéique.

L'angoissant problème de la faim protéique dans le tiers monde a suscité au cours des 15 dernières années de très nombreuses recherches dans le but de mettre au point un aliment bon marché, riche en protéines. Pour obtenir une source de protéines capable de remplacer le lait, mais d'un coût très inférieur, on s'adresse généralement à un mélange de protéines d'origine végétale préparé au moyen de produits locaux. Les protéines des céréales, d'une part, et celles des légumineuses, d'autre part, se complètent réciproquement quant à leur teneur en acides aminés essentiels. Cette supplémentation procure un assortiment d'acides aminés indispensables qui se rapproche de celui fourni par les protéines animales. Les prototypes de ces préparations sont l'Incaparina au Guatemala, le Pro-Nutro en Afrique du Sud et l'AK 1000 expérimenté par BEGHIN et ses collaborateurs à Haïti. L'expérimentation sur l'animal et des essais chez les enfants ont montré leur bonne valeur biologique; certains ont été commercialisés avec succès. Pourtant il faut bien reconnaître que leur utilisation, même à relativement grande échelle, n'a pas contribué dans la mesure où on l'espérait à amé-

liorer dans les régions pauvres du monde la santé de cette classe d'âge spécialement vulnérable, l'enfance.

Ces aliments se présentent généralement sous forme d'une farine avec laquelle on prépare une bouillie. L'Incaparina doit en partie son succès au Guatemala au fait qu'une bouillie de maïs était un plat traditionnel dans ce pays. Par contre on peut s'attendre à ce qu'une telle préparation culinaire soit moins facilement acceptée là où elle n'est pas dans les habitudes locales. D'où la recherche d'aliments plus consistants, de présentations autres que les farines et les bouillies. L'industrie privée, notamment aux Etats-Unis et au Japon, a lancé sur le marché une étonnante variété de saucisses, de steaks, d'hamburgers, préparés avec des protéines de poisson ou de graines oléagineuses; mais elles ne répondent pas au premier desideratum pour remplir le « protein gap », celui d'être à la portée des possibilités pécuniaires des régions déshéritées.

Une grande compagnie alimentaire des Etats-Unis a mis au point un aliment, composé de produits végétaux, d'une haute teneur en protéines et qui a l'apparence et la consistance d'une catégorie alimentaire très répandue: les pâtes, comme les nouilles ou le macaroni. La formule en est la suivante: Farine de maïs 60 %; farine de soja délipidé 30 %; farine de blé 10 %. La teneur en protéines de 21,39 %. Au laboratoire la valeur biologique s'est révélée bonne. Au Brésil où l'équipe de BEGHIN a expérimenté ce produit, les constituants sont largement produits localement, sauf le blé, qui est encore importé mais dont la production est en hausse rapide et qui par ailleurs ne représente que 10 % du total.

L'expérience fut poursuivie pendant quatre mois à Recife dans l'Etat de Pernambouc (Brésil) dans des centres de récupération nutritionnelle. 48 paires d'enfants brésiliens de 1 à 4 ans, atteints de malnutrition au 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> degré furent choisis au hasard dans un groupe de 604 enfants. Dans ce choix et dans tous les autres aspects de l'expérience, des précautions minutieuses, qu'il serait trop long de rapporter ici, furent prises pour assurer la validité de l'analyse statistique. Les besoins alimentaires journaliers furent couverts par 5 repas. Le groupe en expérience reçut 69 % de ses protéines sous forme du macaroni étudié, dans le groupe témoin 25 à 30 % étaient fournis par du lait. Les régimes furent

calculés de manière à fournir à chaque groupe la même quantité de calories, de protéines, de glucides et de lipides. Les centres de récupération nutritionnelle étaient situés dans un quartier de taudis et les enfants observés étaient, en plus de leur malnutrition atteints de nombreuses maladies infectieuses et parasitaires, liés à un environnement déplorable. Les auteurs, qui avaient pourtant une grande expérience des zones rurales dans ce pays, ont été fort impressionnés par les conditions particulièrement misérables du milieu, qui leur paraissent représentatives de celles dans lesquelles vit une assez grande proportion du million d'habitants de Recife. Il est évident que nulle part, il n'est possible d'expérimenter sur des enfants souffrant uniquement de malnutrition; toujours les infections et les parasitismes complètent le tableau pathologique. Des soins médicaux furent constamment appliqués en vue de réduire l'interférence de ce facteur; des cures de déparasitation intestinale furent notamment administrées aux deux groupes, à vrai dire avec peu de succès, probablement à cause d'une réinfection immédiate. Une méthode idéale, dont on conçoit difficilement la réalisation, consisterait à isoler des enfants atteints de malnutrition, à les débarrasser de leurs infections et de leurs parasitismes, à les placer dans un lit métabolique, privé des soins maternels, des stimuli habituels et souvent d'affection; le procédé présenterait des faiblesses d'un autre ordre, mais qui ne seraient peut-être pas moindres que celles de les laisser dans leurs conditions habituelles de vie.

Les contrôles portèrent sur l'évolution des mesures anthropométriques (taille, poids, pli cutané, circonférence brachiale, etc.), des signes cliniques (œdème, aspect de la peau, modifications des cheveux, etc.), des tests biochimiques (protéines totales, électrophorèse, hémoglobine, etc.). Une récupération nutritionnelle valable fut constatée dans les deux groupes, les données anthropométriques et biologiques étant cependant légèrement plus favorables dans le groupe témoin. L'acceptabilité du nouvel aliment fut excellente. La consommation moyenne par enfant et par jour en fut de 121 g pendant 4 mois. Les auteurs concluent qu'il peut être recommandé comme aliment d'appoint. Les aspects méthodologiques de cette expérience seront consultés avec intérêt par tous ceux qui poursuivront des recherches semblables.

22 janvier 1974.



## Zitting van 26 maart 1974

De H. F. Jurion, directeur van de Klasse voor 1974, zit de vergadering voor.

Zijn bovendien aanwezig: De HH. F. Evens, A. Fain, J. Jadin, J. Kufferath, J. Lebrun, J. Lepersonne, J. Opsomer, W. Robyns, P. Staner, M. Van den Abeele, J. Van Riel, leden; de HH. P. Basilewsky, P. Benoit, G. Boné, M. De Smet, R. Devignat, C. Donis, M. Poll, geassocieerden; de H. P. Raucq, correspondent.

Afwezig en verontschuldigd: De HH. B. Aderca, P. Brien, M.-E. Denaeyer, G. de Witte, L. Cahen, F. Corin, F. Hendrickx, P.-G. Janssens, A. Lambrechts, J. Mortelmans, L. Peeters, R. Tavernier, R. Vanbreuseghem.

### **Het voorkomen van diamant langsheen de Kwango-rivier in Angola en Zaïre**

De H. J. Lepersonne legt aan zijn Confraters een studie voor de H. C. Fieremans, correspondent van de Klasse, getiteld als hierboven.

Hij beantwoordt de vragen die hem gesteld worden door de HH. A. Fain, P. Raucq en J. Lebrun.

De Klasse beslist deze studie te publiceren in de *Verhandelingenreeks in-8°*.

### **« La composition chimique de végétaux et de sols des régions goitreuse et non goitreuse de l'île Idjwi (Lac Kivu) »**

De H. J. Lepersonne legt aan de Klasse een studie voor van de HH. J. CORNIL, G. LEDENT, R. VANDERSTAPPEN, P. HERMAN, M. VAN DER VELDEN en F. DELANGE, getiteld als hierboven.

Deze uiteenzetting wordt gevolgd door een bespreking waaraan deelnemen de HH. A. Fain, J. Van Riel, P. Raucq, J. Kufferath, P. Staner, M. De Smet, J. Lebrun en M. Poll.

De HH. M. De Smet, A. Fain en J. Kufferath worden door de Klasse aangewezen om te oordelen over de opportuniteit dit werk te publiceren.

## Séance du 26 mars 1974

M. F. *Jurion*, directeur de la Classe pour 1974, préside la séance.

Sont en outre présents: MM. F. Evens, A. Fain, J. Jadin, J. Kufferath, J. Lebrun, J. Lepersonne, J. Opsomer, W. Robyns, P. Staner, M. Van den Abeele, J. Van Riel, membres; MM. P. Basilewsky, P. Benoit, G. Boné, M. De Smet, R. Devignat, C. Donis, M. Poll, associés; M. P. Raucq, correspondant.

Absents et excusés: MM. B. Aderca, P. Brien, M.-E. Denaeyer, G. de Witte, L. Cahen, F. Corin, F. Hendrickx, P.-G. Janssens, A. Lambrechts, J. Mortelmans, L. Peeters, R. Tavernier, R. Vanbreuseghem.

### **« Het voorkomen van diamant langsheen de Kwango-rivier in Angola en Zaïre »**

M. J. *Lepersonne* présente à ses Confrères une étude de M. C. *Fieremans*, correspondant de la Classe, intitulée comme ci-dessus.

Il répond aux questions que lui posent MM. A. *Fain*, P. *Raucq* et J. *Lebrun*.

La Classe décide de publier cette étude dans la collection des *mémoires in-8°*.

### **La composition chimique de végétaux et de sols des régions goitreuse et non goitreuse de l'île Idjwi (Lac Kivu)**

M. J. *Lepersonne* présente à la Classe une étude de MM. J. *Cornil*, G. *Ledent*, R. *Vanderstappen*, P. *Herman*, M. *Van der Velden* et F. *Delange*, intitulée comme ci-dessus.

Cet exposé est suivi d'une discussion à laquelle prennent part MM. A. *Fain*, J. *Van Riel*, P. *Raucq*, J. *Kufferath*, P. *Staner*, M. *De Smet*, J. *Lebrun* et M. *Poll*.

MM. M. *De Smet*, A. *Fain* et J. *Kufferath* sont désignés par la Classe pour apprécier l'opportunité de publier ce travail.

**« Distribution of fishes correlated with the stream gradients  
in the Kalamo River (Zambezi River, Zambia) »**

De H. M. Poll legt aan de Klasse een studie voor van de H. E. BALON getiteld als hierboven.

Deze uiteenzetting wordt gevolgd door een bespreking waaraan deelnemen de HH. P. Benoit, C. Donis, W. Robyns, G. Boné en A. Fain.

De Klasse wijst de HH. G. Boné en E. Evens als verslaggevers aan.

**« The nutrition of Zymomonas »**

De H. J. Lebrun legt een nota voor van de H. W. VAN PÉE, getiteld als hierboven.

De Klasse beslist deze nota te publiceren in de *Mededelingen der zittingen* (blz. 206).

**« Contribution à l'étude pétrologique  
et géologique du massif du Ruwenzori »**

Zich verenigend met de besluiten van de verslaggevers, de HH. M.-E. Denaeyer en B. Aderca, beslist de Klasse het bovenvermeld werk van de H. C. FELIX, dat op de zitting van 22 mei 1973 door de H. J. Lepersonne voorgesteld werd, te publiceren in de *verhandelingenreeks in-8°*.

**Jaarlijkse wedstrijd 1976**

De Klasse beslist de derde vraag van de jaarlijkse wedstrijd 1976 te wijden aan de voeding en de vierde aan de biologie der koralen.

De HH. J. Van Riel en J. Kufferath, enerzijds, en de HH. P. Brien en M. Poll, anderzijds worden aangewezen om de teksten van deze vragen op te stellen.

**Administratieve mededeling**

De *Vaste Secretaris* brengt er de Klasse van op de hoogte dat door ministerieel besluit van 11 mei 1973 (waarvan de Academie een gelijkluidend verklaard afschrift ontving op 27 februari 1974) onze confrater de H. A. Durieux benoemd werd tot lid van

**« Distribution of fishes corrolated with the stream gradients  
in the Kalamo River (Zambezi River, Zambia) »**

M. M. Poll présente à la Classe une étude de M. E. BALON, intitulée comme ci-dessus.

Une discussion suit cet exposé à laquelle prennent part MM. P. Benoit, C. Donis, W. Robyns, G. Boné et A. Fain.

La Classe désigne MM. G. Boné et F. Evens comme rapporteurs.

**« The nutrition of Zymomones »**

M. J. Lebrun présente une note de M. M. VAN PÉE, intitulée comme ci-dessus.

La Classe décide la publication de cette note dans le *Bulletin des séances* (p. 206).

**Contribution à l'étude pétrologique  
et géologique du massif du Ruwenzori**

Se ralliant aux conclusions des rapporteurs MM. M.-E. Denaeayer et B. Aderca, la Classe décide la publication dans la collection des *mémoires in-8°* du travail de M. C. FELIX, intitulé comme ci-dessus et qui a été présenté par M. J. Lepersonne à la séance du 22 mai 1973.

**Concours annuel 1976**

La Classe décide de consacrer la troisième question du concours annuel 1976 à l'alimentation et la quatrième à la biologie des coraux.

MM. J. Van Riel et J. Kufferath, d'une part, ainsi que MM. P. Brien et M. Poll, d'autre part, sont désignés pour rédiger les textes desdites questions.

**Communication administrative**

Le *Secrétaire perpétuel* informe la Classe que par arrêté ministériel du 11 mai 1973 (dont une copie conforme a été remise à l'Académie le 27 février 1974) notre confrère M. A. Durieux a été nommé membre de la Commission administrative, en rem-

de Bestuurscommissie in vervanging van wijlen de H. M. *Walraet*, van wie hij het mandaat zal beëindigen.

Anderzijds werden, door Ministerieel besluit van 7 februari 1974 de mandaten hernieuwd van de HH. *A. Lederer* en *I. de Magnée* als lid van de Bestuurscommissie.

De zitting wordt geheven te 16 h 30.

placement de feu M. M. *Walraet* dont il achèvera le mandat.

D'autre part, par arrêté ministériel du 7 février 1974, les mandats de MM. *A. Lederer* et *I. de Magnée* comme membres de ladite Commission, ont été renouvelés.

La séance est levée à 16 h 30.

**Van Pée, W. - Vanlaar, M. - Swings, J. — The  
nutrition of *Zymomonas* \***

**(Note presented by Mr. J. Lebrun)**

RÉSUMÉ

L'isolation récente du *Zymomonas* d'une bière (DADDS, 1971) de la pulpe de pomme (CARR and PASSMORE, 1971) en du vin de palme (VAN PEE et SWINGS, 1972) nous a incité à entreprendre l'étude taxonomique du genre *Zymomonas* (SWINGS, 1974). Dans une première publication nous avons décrit douze isolations obtenues du vin de palme du Zaïre et on les a comparées aux deux espèces type *Z. mobilis* et *Z. anaerobia* (VAN PEE et SWINGS, 1972). Nous sommes arrivé à la conclusion que la séparation en deux espèces ne se justifiait plus. Dans le présent travail nous avons voulu vérifier l'existence des différences nutritionnelles entre les 39 souches de *Zymomonas* constituant notre collection.

STEPHENSON, DAWES, DADDS and MARTIN (1973) ont démontré que trois souches de *Z. anaerobia* exigeaient seulement du panthothénate pour leur croissance, corrigeant ainsi les travaux de BEXON and DAWES (1970) qui trouvèrent que la biotine et l'acide lipoïque furent aussi indispensables pour leur développement. Panthothénate de Ca est aussi le seul facteur de croissance pour *Z. mobilis* (BELAICH and SENEZ, 1965).

*Les souches étudiées: souches isolées du vin de palme du Zaïre* Z1, Z2, Z3, Z5, Z6, Z7, Z8, (Kinshasa, *Elaeis*, 1967, VAN PÉE); VP1, VP2, VP3, VP4 (Kinshasa *Elaeis*, 1969, SWINGS); 7.4 (Tshela, *Elaeis*, 1969, SWINGS); 70.1, 70.2, 70.3, 70.7, 70.9, 70.10, 70.11, 70.12, 70.14, (Kinshasa, *Elaeis*, 1970, SWINGS) 17.1, 17.2, 17.3, 17.4 (Mobayi, *Raphia*, 1971, SWINGS) 42.1,

---

\* Laboratorium voor tropische landbouwindustrieën, Kard. Mercierlaan 92, Heverlee, Belgium.

42.2, 42.3, 42.4, (Bwamanda, *Raphia*, 1971, SWINGS); — *souches de la collection*: *Z. anaerobia*, TH. Delft; *Z. Mobilis* ATCC 10988 (Mexico, *Agave*, 1925, LINDNER); *Z. anaerobia* NCIB 8227 (England, *bière*, 1937, SHIMWELL).

*Les milieux de culture*: différents milieux de culture ont été utilisés:

— Milieu standard pour le développement normal et pour la conservation: D-glucose 2 %, Difco extrait de levure, 0,5 % dans l'eau distillée.

— Milieu synthétique: comme décrit par BELAICH and SENEZ (1965) mais dont le panthothénate de Ca a été remplacé par un mélange de vitamines (1  $\mu\text{g/ml}$  chacun): acide p-aminobenzoïque, biotine, inositol, acide folique, vitamine B<sub>12</sub>, acide lipoïque, acide nicotinique, pyridoxine, thiamine, riboflavine et panthothénate de Ca. Le milieu est en outre enrichi avec guanine, adenine, hypoxanthine, cytosine et uracyl (60  $\mu\text{g/ml}$  chacun).

— Milieu de différenciation pour les acides aminés: identique au milieu synthétique mentionné mais contenant 20  $\mu\text{g/ml}$  de biotine et d'acide lipoïque au lieu de 1  $\mu\text{g/ml}$  et auquel chaque fois un acide aminé fait défaut (5 ml par tube).

— Milieu de différenciation pour les vitamines: identique au milieu de différenciation pour les acides aminés mais auquel chaque fois une vitamine fait défaut (5 ml par tube).

*L'inoculation*: le milieu de différenciation (acides aminés ou vitamines) est inoculé avec une goutte d'une culture jeune développée dans le milieu standard. Après que la croissance s'est manifestée dans le milieu de différenciation, une goutte de cette culture servira pour inoculer un second tube rempli avec le même milieu de différenciation. On répètera cette inoculation une troisième fois.

*Incubation et mesure de la croissance*: on incube à 30 °C et on mesure la turbidité à 600 nm avec un spectrophotomètre Bausch and Lomb « spectronic 20 ».



## RÉSULTATS ET DISCUSSION

La collection de *Zymomonas* étudiée nécessite pour sa croissance du panthothénate et de la biotine. En leur absence aucun développement n'est à observer.

Un milieu de culture exempt de cyano-cobalmine, acide lipique, acide nicotinique, thiamine, riboflavine et acide p-aminobenzoïque n'inhibe pas complètement la croissance quoiqu'un ralentissement est à constater. Ces produits ne peuvent en aucun cas être considérés comme des facteurs de croissance.

L'acide folique n'a aucune influence sur la croissance.

La suppression respective d'un des 20 acides aminés testés, n'inhibe jamais complètement ou totalement la croissance. Toutefois si dans le milieu le valine fait défaut, chez 21 souches de *Zymomonas* la croissance ralentira considérablement. Le manque de leucine et d'arginine donne le même effet chez respectivement 10 et 8 souches.

## SAMENVATTING

Men heeft de voedingsbehoeften onderzocht van het geslacht *Zymomonas* t.o.v. amino-zuren en vitaminen. De onderzochte stammen werden geïsoleerd uit palmwijn (Zaïre) en vergeleken met stammen uit de kollektie.

Het synthetisch milieu van BELAICH en SENEZ (1965) werd gebezigd dat lichtjes werd gewijzigd en waaraan het te bestuderen aminozuur of vitamine werd ontnomen.

De groei werd nagegaan door turbiditeitsmetingen bij 600 nm in een spectrofotometer Bausch and Lomb.

Uit de resultaten is gebleken dat *Zymomonas* panthotenaat en biotine vereist voor zijn ontwikkeling en groei.

Cyanocobalmine, lipoine zuur, nicotine zuur, thiamine, riboflavine en p-aminobenzoëzuur zijn geen groeifactoren. Foliezuur heeft geen enkele invloed op de groei van *Zymomonas*.

Het gemis van één van de 20 geteste amino-zuren is niet in staat de ontwikkeling van *Zymomonas* volledig te remmen alhoewel bepaalde amino-zuren zoals valine, leucine en arginine de groei van enkele stammen zeer vertraagt.

## INTRODUCTION

The recent re-isolation of *Zymomonas* from beer (DADDS, 1971), from apple pulp (CARR & PASSMORE, 1971) and from palmwine (VAN PÉE et SWINGS, 1972) prompted us to undertake a taxonomic study of the genus *Zymomonas* (SWINGS, 1974). In a first paper we described twelve isolates from Zaïrese palmwines and compared them to the two type-species *Z. mobilis* and *Z. anaerobia* (VAN PÉE et SWINGS, 1972); we concluded that the classical differentiation of the two species was no longer justified. In the present report we want to verify the existence of nutritional differences among thirty-nine *Zymomonas* strains. STEPHENSON, DAWES, DADDS & MARTIN (1973) showed that three *Z. anaerobia* strains required only pantothenate for growth, correcting the paper by BEXON & DAWES (1970), who found a requirement for biotine and lipoic acid. Calcium pantothenate is also the only growth factor for *Z. mobilis* (BELAICH & SENEZ, 1965).

## METHODS

### *Organisms*

Zaïrese isolates from palmwines: Z1, Z2, Z3, Z5, Z6, Z7, Z8, (Kinshasa, *Elaeissap*, 1967, VAN PÉE); VP1, VP2, VP3, VP4 (Kinshasa, *Elaeissap*, 1969, SWINGS); 7.4 (Tshela, *Elaeissap*, 1969?, SWINGS); 70.1, 70.2, 70.3, 70.7, 70.9, 70.10, 70.11, 70.12, 70.14, (Kinshasa, *Elaeissap*, 1970, SWINGS); 17.1, 17.2, 17.3, 17.4 (Mobayi, *Raphiasap*, 1971, SWINGS); 42.1, 42.2, 42.3, 42.4, (Bwamanda, *Raphiasap*, 1971, SWINGS).

Collection strains: *Z. anaerobia* TH Delft; *Z. mobilis* ATCC 10988 (Mexico, *Agavesap*, 1925, LINDNER); *Z. anaerobia* NCIB 8227 (England, beer, 1937, SHIMWELL).

### *Media*

Standard liquid medium for maintenance and for growth: D-glucose, 2 %; Difco yeast extract, 0.5 % in distilled water.

Defined medium: As described by BELAICH & SENEZ (1965), but instead of calcium pantothenate we added a mixture of the

following vitamins (1  $\mu\text{g}/\text{ml}$  each): p-aminobenzoic acid, biotine, inositol, folic acid, vitamin B12, lipoic acid, nicotinic acid, pyridoxine, thiamine, riboflavine and calcium pantothenate; it was further enriched with guanine, adenine, hypoxanthine, cytosine and uracil (60  $\mu\text{g}/\text{ml}$  each) as indicated by BEXON and DAWES (1970).

Amino acid screening medium: as the defined medium, but contains 20  $\mu\text{g}/\text{ml}$  biotine and lipoic acid instead of 1  $\mu\text{g}/\text{ml}$ , and from which each time one amino acid is omitted (5 ml per tube).

Vitamin screening medium: as the defined medium, each time one vitamin is omitted (5 ml per tube).

Serial transfers: The screening medium is inoculated with one drop of a Pasteur pipette from a young culture in the standard medium, after growth occurred, one drop of this culture served to inoculate a second tube of the same medium. From this tube we inoculated a third tube of the screening medium in the same manner.

Incubation temperature: 30 °C. We measured the turbidity of the three tubes at 600 nm in a Bausch & Lomb "Spectronic 20". Great care was taken to clean the glassware thoroughly.

## RESULTS AND DISCUSSION

The whole collection studied was found to require pantothenate and biotine; their absence completely inhibited growth in the second transfer. As far as pantothenate is concerned, our results are in agreement with those of BELAICH & SENEZ (1965) for *Z. mobilis* and STEPHENSON *et al.* (1973) for *Z. anaerobia*. The requirement of biotine as a growth factor as indicated by our results can only be accounted for by what STEPHENSON *et al.* called the "variable nutritional character" of *Zymomonas*. The omission of cyanocobalamine, lipoic acid, nicotinic acid, thiamine, riboflavine and p-aminobenzoic acid showed variable increased turbidity values, but did not inhibit growth completely. Therefore they are not to be considered as growth factors. The omission of folic acid had no effect on the growth. The omission of any of the twenty amino acids tested never inhibited growth

Influence of Amino-acids and Vitamines on growth of Zymomonas  
(0 = no growth; 3 normal growth; 1-2 intermediar growth).

strain amino- acid or vitamin	5.1	5.3	5.4	5.5	17.1	17.2	17.3	17.4	42.1	42.2	42.3	42.4	70.1	70.2	70.3	70.7*	70.9	70.10	70.11*	70.12	70.14	Z1	Z2	Z3	Z5	Z6	Z7	Z8	VP1*	VP2	VP3	VP4	7.4	Z. anaerobia a	Z. anaerobia NCIB 8227	Z. anaerobia 410	Z. mobilis 409	Z. mobilis ATCC 10988
KONTROLE	3 3 3 3 3	3 3 3 3 3	3 3 3 3 3	3 3 3 3 3	3 2 3 3 3	3 3 3 2 2	3 2 3 2 3	3 3 3 3 2	3 3 3 3 3	3 3 3 3 3	3 3 3 3 3	3 2 3 3 2	3 3 3 3 3	3 3 3 3 3	3 3 3 3 3	2 2 2 2 2	3 3 3 3 3	3 2 3 3 3	2 2 3 2 2	3 3 3 3 3	3 3 3 3 3	3 3 3 3 3	3 3 3 3 2	3 3 3 3 2	3 3 2 3 3	3 3 3 3 2	2 2 2 3 2	3 3 3 3 3	2 2 3 3 3	2 2 3 3 2	3 3 3 3 2	3 3 3 3 3	3 3 3 3 3	3 3 3 3 3	3 3 3 3 3	3 3 3 3 3		
Ala	3 3 2	3 2 3	2 2 2	2 2 3	3 2 2	3 2 2	3 2 2	3 3 3	2 3 3	2 1 3	1 1 3	2 2 2	3 3 3	2 2 2	3 2 2	3 2 2	3 2 2	3 2 2	2 1 3	3 2 3	3 2 2	3 2 3	3 3 3	3 3 2	3 3 3	3 2 2	3 3 2	3 2 2	3 3 3	3 3 2	3 3 2	3 2 3	3 2 3	3 2 1	3 2 2	3 2 2	3 2 2	
Arg	3 3 3	3 2 2	3 2 2	3 2 2	3 2 2	3 2 2	3 2 2	3 2 2	3 2 2	3 2 2	3 2 2	3 2 2	3 3 3	3 2 2	2 2 3	2 2 2	3 3 3	2 2 2	2 1 2	3 3 3	3 2 3	3 3 2	3 3 2	3 3 2	3 2 2	3 2 2	2 2 3	3 3 3	2 2 2	2 3 3	2 3 3	3 3 3	3 2 2	2 2 3	2 2 2	3 2 2	2 2 2	3 2 2
Asp	3 3 3	3 2 3	2 2 3	2 2 2	2 3 3	2 2 3	2 2 2	2 3 3	3 3 2	3 3 3	3 3 3	2 3 3	3 3 3	3 2 3	3 3 3	2 2 2	3 3 3	3 2 2	2 2 2	3 2 2	3 2 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	2 3 3	3 3 3	2 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 2 2	3 2 2	3 3 3	3 3 3	3 2 3	
Cys	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	2 2 2	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 2 2	3 3 3	3 2 3	2 2 3	3 3 3	2 3 3	3 2 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	
Glu	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	2 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	2 3 3	3 3 3	3 3 3	2 2 2	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	2 3 3	3 3 3	2 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	
Gly	3 3 3	3 2 3	3 2 3	3 3 3	3 2 3	2 2 3	3 3 3	2 3 3	3 3 3	3 2 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	2 3 3	3 3 2	3 2 2	2 2 2	3 3 2	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 2	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 2 1	3 2 3	3 2 3	3 3 3	3 3 3	
His	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 2	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 2	3 3 3	2 2 2	3 3 3	3 3 3	2 2 2	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	
Hyp	3 3 3	3 2 2	2 2 2	2 3 3	3 3 3	3 2 2	2 2 2	2 3 2	3 3 2	3 2 2	2 3 3	3 3 2	3 3 3	2 3 3	3 3 3	2 2 2	3 3 3	2 3 2	2 3 2	3 3 2	3 3 3	3 2 3	3 3 3	2 3 3	2 3 3	3 3 3	2 2 2	3 2 3	3 3 3	3 3 3	3 2 2	3 3 3	3 2 2	2 2 2	3 2 3	2 2 3	3 2 3	3 2 3
Ile	3 2 3	2 2 3	3 1 3	3 2 3	3 2 2	3 2 2	3 2 2	2 2 2	3 1 2	3 1 3	1 1 2	3 2 2	3 2 3	3 2 3	3 2 3	2 2 3	3 2 3	3 2 3	2 2 3	3 2 3	3 2 3	3 3 3	3 2 3	3 2 3	3 2 3	3 2 3	3 2 3	3 2 3	3 2 3	3 3 3	3 3 3	3 2 3	3 3 3	3 2 3	3 2 3	3 2 3	3 2 3	3 2 3
Leu	3 3 2	3 2 2	3 2 3	2 2 2	3 2 2	3 2 2	3 2 2	3 2 2	3 2 2	3 2 2	3 2 3	2 2 2	3 3 3	2 2 2	2 2 3	2 2 1	2 2 3	2 2 2	2 2 1	3 3 2	2 2 2	3 2 3	3 3 3	3 3 3	3 2 2	3 2 2	3 2 2	3 2 2	2 2 —	2 3 3	1 2 2	3 2 2	3 2 2	3 2 3	2 2 2	2 2 2	2 2 2	2 2 3
Lys	3 3 3	3 3 3	3 3 3	2 3 3	3 2 3	2 2 3	3 3 3	2 2 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 2	3 3 3	3 3 3	3 3 3	2 3 3	3 3 3	3 3 2	2 2 2	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	2 2 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 2 3	3 3 2	3 3 2	3 3 3	3 3 3	3 3 3	
Met	3 3 3	3 2 2	3 2 2	3 2 3	3 2 2	3 2 3	3 2 2	3 2 3	3 2 2	3 3 2	2 2 2	3 3 3	3 — —	2 2 2	3 3 3	3 2 2	3 3 3	3 3 3	2 3 2	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 2	3 3 2	3 3 2	3 3 2	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 2 3	3 2 3	3 3 3	3 3 3	3 2 3	3 3 3	3 2 3	3 2 3
Ornit	3 2 3	3 2 2	3 2 3	3 2 2	3 2 2	3 2 3	3 2 3	2 2 2	3 2 3	3 2 3	2 2 3	3 2 3	3 3 3	3 2 2	3 2 3	3 2 2	3 3 3	3 2 3	2 1 3	2 2 3	3 2 3	3 2 3	3 2 2	3 2 2	3 2 3	3 1 2	3 2 3	3 2 3	3 3 3	3 3 3	3 2 3	3 3 3	3 2 —	3 2 3	3 2 2	3 2 2	3 2 2	



Phe	3 3 3	3 3 3	3 2 3	3 2 2	3 3 2	3 3 2	3 3 3	2 3 3	3 3 3	3 3 3	2 3 3	3 3 3	3 3 3	2 3 3	3 3 3	2 3 3	3 3 3	2 3 3	3 3 2	3 3 3	3 3 3	3 3 3	2 3 3	2 2 2	2 3 2	3 3 3	2 3 3	3 3 2	3 3 2	3 3 3	3 2 1	3 2 2	3 3 3	3 2 3	2 3 2
Pro	3 3 3	3 3 3	2 3 2	3 2 3	2 2 3	3 2 3	3 3 2	2 3 3	3 2 3	3 3 3	1 3 3	3 3 3	3 3 3	3 2 3	3 3 3	2 3 3	3 3 3	3 2 2	2 2 2	3 2 3	3 3 3	3 2 3	3 3 3	3 2 2	2 2 2	2 3 3	3 3 —	3 3 3	3 2 3	2 3 3	3 2 3	2 3 3	2 3 2	2 3 3	3 2 3
Ser	3 3 3	3 2 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	2 3 3	3 3 3	2 3 3	3 3 3	3 3 2	2 2 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 2	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 2 3	3 3 2	3 3 3	3 3 3	3 3 2
Thr	3 3 2	3 3 2	2 2 3	3 2 3	3 2 2	3 2 2	3 3 2	3 2 2	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 2 2	3 3 3	3 3 3	2 2 3	3 2 2	2 3 2	3 3 3	3 2 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 2	3 3 3	3 3 3	3 3 3	2 0 0	3 3 3	3 3 3	2 2 2	3 3 3	3 2 3	3 3 3
Trp	3 3 3	3 2 2	3 2 3	3 2 2	3 3 3	3 2 2	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 2 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 2 3	3 3 3	3 3 2	3 3 3	3 3 2	2 3 3	3 3 3	3 3 2	3 3 3	3 3 3	3 3 2	3 3 3	2 2 2	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 2 1	3 2 2	3 2 2	3 2 2	3 3 2	3 3 3
Tyr	3 3 3	3 2 2	3 2 3	2 2 3	2 2 3	2 2 3	2 2 3	3 3 3	3 3 2	3 3 3	3 3 3	2 3 3	3 3 3	3 3 3	2 3 3	3 3 3	2 2 3	2 2 2	3 2 3	3 2 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	2 2 3	2 2 3	3 3 3	— — —	3 2 3	3 3 3	3 2 2	3 2 3	2 2 3	2 2 3	2 2 2
Val	3 3 3	3 2 2	2 2 3	2 2 2	2 2 2	2 2 2	3 2 2	3 2 2	2 2 2	3 2 2	3 3 2	3 2 2	3 2 2	2 2 2	2 2 2	2 2 2	0 0 0	2 2 2	2 2 2	3 2 2	2 2 2	3 2 3	3 2 2	3 2 2	3 2 2	2 2 3	2 0 0	2 0 0	3 2 2	3 2 0	3 2 1	2 2 1	2 2 2	2 1 2	2 2 2
B12	3 3 3	3 2 2	3 2 3	3 2 2	2 2 2	3 2 2	3 3 2	3 3 2	3 2 3	2 3 2	3 3 2	3 2 2	3 3 3	2 2 2	2 2 2	2 2 2	2 1 0	2 2 0	2 2 2	3 2 2	2 2 2	3 3 3	3 3 3	3 2 3	3 2 2	2 2 2	2 2 2	3 2 2	1 0 0	3 2 3	3 3 3	3 2 2	2 2 2	2 2 2	3 2 2
Lipoic Acid	2 2 3	2 2 2	2 2 2	2 2 2	3 2 2	2 2 2	2 2 2	2 2 2	2 2 2	2 2 2	3 2 2	3 2 2	3 3 3	2 2 2	2 2 2	2 2 2	2 3 2	3 2 1	2 2 1	2 2 2	3 2 1	3 3 3	3 3 2	3 2 2	2 2 2	2 2 2	2 2 2	2 2 2	0 0 0	2 2 2	3 2 2	2 2 2	3 2 2	3 2 2	2 2 2
N.A	3 3 3	3 2 2	3 2 2	3 2 2	3 2 2	2 2 2	3 2 2	2 2 2	3 3 2	3 2 2	2 2 3	3 2 2	3 3 2	2 2 2	3 3 3	2 2 3	2 2 3	3 2 2	2 2 2	3 2 2	3 3 3	2 3 3	3 3 3	3 2 2	3 2 2	2 2 3	2 3 3	2 3 3	2 3 3	3 3 3	3 3 2	3 3 2	3 2 2	2 2 2	3 2 3
F.A	3 3 3	3 3 2	3 3 3	3 2 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 2 3	3 3 3	3 3 3	2 3 3	3 3 3	2 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	2 0 0	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3
Thiam	3 1 2	2 1 2	3 1 2	2 1 1	2 2 1	1 1 1	2 2 2	2 2 2	2 1 2	2 1 2	2 1 1	2 2 1	2 2 2	2 1 1	1 1 1	1 1 2	1 1 1	1 1 1	1 2 1	2 1 2	2 2 2	3 3 2	3 2 2	3 2 2	2 2 1	2 2 2	2 2 2	2 2 2	2 3 1	3 3 2	2 1 0	2 2 2	2 2 0	2 2 0	3 3 2
Panto	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	1 0 0	2 0 0	1 0 0	1 0 0	1 0 0	0 0 0	1 0 0	1 0 0	0 0 0	1 0 0	1 0 0	1 0 0	0 0 0	1 0 0	2 0 0	1 0 0	1 0 0	1 0 0	1 0 0	1 0 0	2 0 0	1 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	1 0 0	0 0 0	2 0 0	1 0 0	1 0 0	1 0 0
Ribofl.	3 3 3	3 3 3	2 3 2	2 2 2	3 3 2	2 3 2	3 2 3	3 3 2	2 3 2	2 3 3	3 3 3	3 2 3	3 3 3	3 2 2	3 3 2	2 2 2	2 2 3	2 2 2	3 3 2	3 2 2	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 2 2	3 3 3	2 2 2	2 2 2	0 0 0	2 3 3	1 0 0	2 1 0	3 2 2	2 2 2	3 2 2	2 2 2
Biotine	1 0 0	1 0 0	1 0 0	1 0 0	1 0 0	1 0 0	1 0 0	1 0 0	1 0 0	1 0 0	1 0 0	1 0 0	1 0 0	1 0 0	1 0 0	1 0 0	1 0 0	1 0 0	1 0 0	1 0 0	1 0 0	1 0 0	1 0 0	1 0 0	1 0 0	1 0 0	1 0 0	1 0 0	1 0 0	1 0 0	1 0 0	1 0 0	1 0 0	1 0 0	1 0 0
P.A.B.A.	3 3 3	3 2 2	2 2 2	2 2 2	2 3 3	2 2 2	2 2 2	3 3 3	3 2 3	3 2 2	2 3 2	2 2 2	3 3 3	2 2 2	2 2 2	2 2 2	2 2 2	2 2 2	1 2 2	3 3 3	2 2 2	2 2 3	3 3 3	3 3 2	3 3 3	2 2 3	2 2 2	2 3 3	2 3 2	3 3 3	3 2 2	2 2 2	2 2 2	2 2 2	2 2 2

completely. Nevertheless, the omission of valine considerably decreased the growth of 21 strains, leucine that of 10 strains and arginine that of 8 strains. The growth was not affected by the withdrawal of any of the twenty amino acids for the following strains: 5.1, 5.3, 42.2, 70.1, Z1, Z2, Z3, Z6, VP4 (Table 1).

March 29th 1974.

#### REFERENCES

- BELAICH, J.-P., SENEZ, J.-C. (1965). Influence of aeration and of pantothenate on growth yields of *Zymomonas mobilis* (*Journal of Bacteriology*, 89, 1 195-1 200).
- BEXON, J., DAWES, E.-A. (1970). The nutrition of *Zymomonas anaerobia* (*Journal of General Microbiology*, 60, 421-425).
- CARR, J.-G., PASSMORE, S.-M. (1971). Discovery of the "cider sickness" bacterium *Zymomonas anaerobia* in apple pulp. (*Journal of the Institute of Brewing*, 77, 462-466).
- DADDS, M.-J.-S. (1971). The detection of *Zymomonas anaerobia* (In: Isolation of anaerobes. The Society for applied Bacteriology, Technical series n° 5. Eds. D.A. Shapton and R.G. Board. Academic Press).
- STEPHENSON, M.-P., DAWES, E.-A., DADDS, M.-J.-S., MARTIN, P.A. (1973). The vitamin nutrition of *Zymomonas anaerobia* (*Journal of General Microbiology*, 76, 247-249).
- SWINGS, J. (1974). Taxonomie van het bakteriëngeslacht *Zymomonas* KLUYVER en VAN NIEL (Doktoraatsthesis. Katholieke Universiteit Leuven).
- VAN PEE, W., SWINGS, J. (1971). Etude de quelques souches du genre *Zymomonas* isolées de vins de palme zaïrois (Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer, *Bulletin des séances*, 2, 186-195, Bruxelles).

## KLASSE VOOR TECHNISCHE WETENSCHAPPEN

Zitting van 25 januari 1974

De H. L. *Calembert*, directeur van de Klasse voor 1974, zit de vergadering voor.

Zijn bovendien aanwezig: De HH. F. Bultot, I. de Magnée, G. de Rosenbaum, P. Evrard, L. Jones, A. Rollet, R. Van Ganse, leden; de HH. P. Fierens, Mgr L. Gillon, A. Prigogine, J. Snel, R. Sokal, A. Sterling, R. Thonnard, geassocieerden, alsook de H. P. Staner, vaste secretaris.

Afwezig en verontschuldigd: De HH. P. Bartholomé, L. Brisson, F. Campus, J. Charlier, J. De Cuyper, P. Geulette, P. Grosemans, A. Jaumotte, F. Kaisin, J. Lamoën, A. Lederer, F. Pietermaat, R. Spronck.

### Begroetingen

De *Directeur* brengt hulde aan zijn voorganger, de H. F. *Bultot*.

### Verwelkoming

De *Directeur* verwelkomt de H. J. *Snel* die voor het eerst aan onze zittingen deelneemt.

« Etude cinétique de la flottation, par des acides gras,  
de fractions granulométriques fines de malachite »

« Etude de la flottation par sulfuration  
de la malachite et de la pseudo-malachite »

« Cellule automatique de flottation de fines particules »

De H. P. *Fierens* legt aan de Klasse de drie bovenstaande studies voor, opgesteld in samenwerking met de H. G. LAMBIN.

## CLASSE DES SCIENCES TECHNIQUES

Séance du 25 janvier 1974

M. L. *Calembert*, directeur de la Classe pour 1974, préside la séance.

Sont en outre présents: MM. F. Bultot, I. de Magnée, G. de Rosenbaum, P. Evrard, L. Jones, A. Rollet, R. Van Ganse, membres; MM. P. Fierens, Mgr L. Gillon, A. Prigogine, J. Snel, R. Sokal, A. Sterling, R. Thonnard, associés, ainsi que M. P. Staner, secrétaire perpétuel.

Absents et excusés: MM. P. Bartholomé, L. Brison, F. Campus, J. Charlier, J. De Cuyper, P. Geulette, P. Grosemans, A. Jaumotte, F. Kaisin, J. Lamoën, A. Lederer, F. Pietermaat, R. Spronck.

### Compliments

Le *Directeur* rend hommage à son prédécesseur M. F. *Bultot*.

### Bienvenue

Le *Directeur* souhaite la bienvenue à M. J. *Snel* qui assiste pour la première fois à nos séances.

**Etude cinétique de la flottation, par des acides gras,  
de fractions granulométriques fines de malachite**

**Etude de la flottation par sulfuration  
de la malachite et de la pseudo-malachite**

**Cellule automatique de flottation de fines particules**

M. P. *Fierens* présente à la Classe les trois études susdites rédigées en collaboration avec M. G. LAMBIN.

Il répond à une question que lui pose M. I. de Magnée.



Hij beantwoordt een vraag die hem gesteld wordt door de H. I. de Magnée.

De Klasse beslist deze studies te publiceren in de *Mededelingen der zittingen* (zie blz. 216, 231 en 242).

**« Barrage d'El Meki (Niger)  
Dimensionnement de la retenue en vue  
d'une utilisation optimale des ressources »**

De H. A. Sterling legt aan de Klasse deze studie voor, waarop een bespreking volgt waaraan deelnemen de HH. R. Sokal, I. de Magnée, P. Evrard, R. Van Ganse, A. Prigogine, L. Gillon, F. Bultot, L. Jones, J. Snel en L. Calembert.

De Klasse beslist deze nota te publiceren in de *Mededelingen der zittingen*, evenals de commentaren voorgelegd door de HH. A. Sterling en R. Sokal.

**« Le gisement de Bukena (Shaba - Zaïre).  
Un cas particulier d'estimation de réserves minières »**

De HH. P. Evrard en A. Rollet leggen hun verslag neer over het werk van de H. G. PANOU, getiteld als hierboven en dat voorgesteld werd op de zitting van 25 mei 1973 door de H. I. de Magnée.

De Klasse beslist deze studie te publiceren in haar verhandelingenreeks.

**Geheim comité**

De ere- en titelvoerende leden, vergaderd in geheim comité:

a) Gaan tot de verkiezing over, als geassocieerde, van de H. A. Van Haute, burgerlijk scheikundig ingenieur en professor aan de Katholieke Universiteit te Leuven;

b) Gaan tot de verkiezing over, als correspondent, van de H. J. Nemec, burgerlijk ingenieur en docent te Delft, Padua en Lausanne.

De zitting wordt gegeven te 16 h 30.

La Classe décide la publication de ces travaux dans le *Bulletin des séances* (voir p. 216, 231 et 242).

**Le Barrage d'El Meki (Niger).  
Dimensionnement de la retenue en vue  
d'une utilisation optimale des ressources**

M. A. Sterling présente à la Classe cette étude dont l'exposé est suivi d'une discussion à laquelle prennent part MM. R. Sokal, I. de Magnée, P. Evrard, R. Van Ganse, A. Prigogine, L. Gillon, P. Bultot, L. Jones, J. Snel et L. Calembert.

La Classe décide la publication de cette note dans le *Bulletin des séances*, ainsi que des commentaires présentés par MM. A. Sterling et R. Sokal.

**Le gisement de Bukena (Shaba - Zaïre)  
Un cas particulier d'estimation de réserves minières**

MM. P. Evrard et A. Rollet déposent leurs rapports sur le travail de M. G. PANOU, intitulé comme ci-dessus et qui a été présenté à la séance du 25 mai 1973 par M. I. de Magnée.

La Classe décide la publication de cette étude dans la collection des mémoires.

**Comité secret**

Les membres honoraires et titulaires, réunis en comité secret:

a) Procèdent à l'élection, au titre d'associé, de M. A. Van Haute, ingénieur civil chimiste et professeur à la « Katholieke Universiteit Leuven »;

b) Procèdent à l'élection, au titre de correspondant, de M. J. Nemec, ingénieur civil et chargé de cours à Delft, Padoue et Lausanne.

La séance est levée à 16 h 30.

**P. Fierens et G. Lambin. — Etude cinétique de la flottation, par des acides gras, de fractions granulométriques fines de malachite**

RÉSUMÉ

De nombreuses mesures quantitatives ont été effectuées, au moyen d'une machine de flottation automatique, sur quatre fractions granulométriques fines de malachite, conditionnées au moyen d'émulsions d'acide gras, généralement en présence de paraffine. Les acides caprylique, caprique, laurique, myristique, palmitique et stéarique ont été étudiés.

La vitesse de flottation initiale  $V$  et la concentration en réactif collecteur  $C$  sont liés par la loi  $V = kC^n$  où  $n$  et  $k$  sont des paramètres liés à la nature du réactif collecteur et à la fraction granulométrique étudiée.

Par l'effet de l'exposant  $n$ , l'ordre d'efficacité des différents acides, pour une granulométrie donnée, peut varier selon la concentration en acide gras.

Pour obtenir une vitesse de flottation élevée, la chaîne hydrocarbonée de l'acide gras collecteur doit être d'autant plus courte que les particules de malachite sont plus petites.

SAMENVATTING

Talrijke kwantitatieve metingen werden uitgevoerd bij middel van een automatische flotatiecel op vier fijne granulometrische frakties van malachiet.

De vier frakties werden geconditioneerd bij middel van vetzuuremulsies, over het algemeen in aanwezigheid van paraffine. Caprine, laurine, myristine, palmitine en stearinezuur werden bestudeerd.

De beginsnelheid  $V$  van de flotatie en de concentratie van het collectiewagens  $C$  zijn gebonden door de volgende wet:  $V = kC^n$ .

In deze betrekking zijn  $k$  en  $n$  parameters gebonden aan de natuur van het collectiewagens en aan de bestudeerde granulometrische fraktie.

Als gevolg van de exponent  $n$ , voor een gegeven granulometrische samenstelling, kan de doelmatigheidsvolgorde van de verschillende zuren veranderen, dit hangt af van hun concentratie. Om een hoge flotatiesnelheid te bereiken moet de keten van de koolwaterstofrest van het collectiewagens des te korter zijn als de deeltjes malachiet kleiner worden.

\* \* \*

## § 1. INTRODUCTION

Dans un travail précédent \*, nous avons détaillé un ensemble de méthodes expérimentales permettant l'étude de la cinétique de flottation des fines particules par des émulsions d'acides gras et de paraffine.

Le présent article rend compte des résultats obtenus par ces méthodes, dans le cas de la malachite, pour la fraction granulométrique 270-400 mailles et des fractions inférieures à 400 mailles, pour une gamme de concentrations en réactifs collecteurs. Ces derniers constituent une série d'acides gras: caprylique, caprique, laurique, myristique, palmitique et stéarique.

La préparation des fractions granulométriques et des réactifs a déjà été décrite \*.

Nous nous attacherons principalement aux essais se rapportant à une proportion de 4 ml de paraffine par 2,9 millimoles d'acide gras.

## § 2. EXAMEN DES RÉSULTATS - LOI CINÉTIQUE

Dans tous les cas étudiés, nous avons vérifié que la courbe cinétique exprimant le rendement de la flottation en fonction

---

\* Voir p. 242.

du temps présente la même allure \*, le phénomène commence par être approximativement linéaire et s'incurve après une durée dépendant des conditions d'expériences (Cf. *fig. 1*).

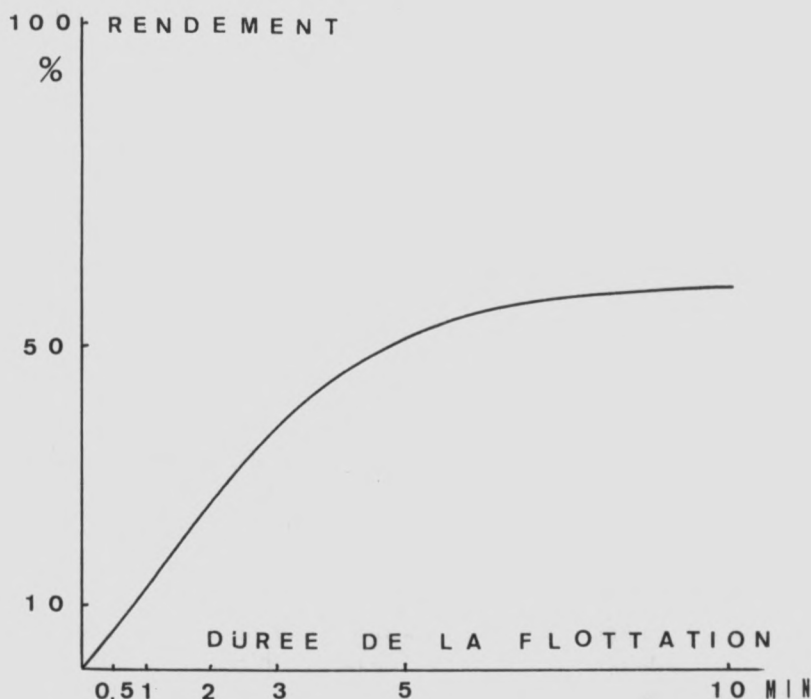


Fig. 1. — Rendement de la flottation en fonction de sa durée. Minéral: malachite 270-400 mailles; collecteur: acide stéarique à 1,76 micromoles par litre.

Nous nous sommes attachés à l'étude de la partie linéaire et, par conséquent, il est possible de définir une vitesse de flottation initiale  $V$ , comme étant le rendement après une minute de flottation.

Il est apparu que la vitesse  $V$  et la concentration en réactif collecteur  $C$  sont liés par une loi du type Freundlich, qui a pour expression

$$V = kC^n$$

\* P. FIERENS et G. LAMBIN: Cellule automatique de flottation de fines particules: voir p. 242.

TABLEAU I. — Résultats généraux.

Nature du collecteur	Concentration en collecteur (en $\mu\text{M/l}$ )	Vitesse de flottation initiale				
		270-400 mailles	A	B	C	D
Acide caprylique + paraffine (4 ml / 2,9 millimoles)	10	17.4	—	—	—	—
	25	40.0	—	—	3.1	—
	50	72.5	13.0	9.0	—	—
	100	—	18.7	15.6	—	—
	300	—	71.2	59.0	21.8	—
	1 000	—	—	—	47.4	—
Acide caprique + paraffine (4 ml / 2,9 millimoles)	5	13.4	10.9	—	—	—
	10	23.5	24.1	11.5	—	—
	25	53.9	49.5	22.9	5.9	13.1
	50	93.6	98.6	38.0	9.7	25.7
	100	—	—	73.4	17.0	39.9
	300	—	—	—	50.4	91.6
Acide laurique + paraffine (4 ml / 2,9 millimoles)	2	10.5	7.2	—	—	—
	5	17.5	18.0	12.5	—	—
	10	35.5	29.5	21.3	—	—
	25	92.5	64.1	34.7	3.9	—
	50	—	—	39.9	7.5	—
	100	—	—	76.2	12.7	—
	300	—	—	—	25.6	—
Acide myristique + paraffine (4 ml / 2,9 millimoles)	2	17.0	8.5	—	—	—
	5	29.5	20.0	11.0	—	—
	10	51.5	36.5	21.5	—	—
	25	—	98.2	32.2	4.1	—
	50	—	—	42.4	6.1	—
	100	—	—	—	8.1	—
	300	—	—	—	15.7	—
Acide palmitique + paraffine (4 ml / 2,9 millimoles)	1	12.0	—	—	—	—
	2	17.0	8.5	—	—	—
	5	40.7	19.7	12.1	—	—
	10	57.0	38.0	17.0	—	—
	25	—	75.4	27.5	4.1	—
	50	—	—	39.0	8.0	—
	100	—	—	—	7.2	—
	300	—	—	—	13.9	—
Acide stéarique + paraffine (4 ml / 2,9 millimoles)	0.5	10.2	—	—	—	—
	1	12.0	—	—	—	—
	2	24.0	7.1	—	—	—
	5	42.1	16.2	10.2	—	—
	10	84.8	25.0	13.5	—	—
	25	—	60.4	21.4	3.2	8.2
	50	—	—	28.9	4.6	16.2
	100	—	—	—	7.5	32.2
	300	—	—	—	9.5	81.4

Nature du collecteur	Concentration en collecteur (en $\mu\text{M}/\text{l}$ )	Vitesse de flottation initiale				
		270-400 mailles	A	B	C	D
Acide stéarique + paraffine (4 ml / 1,76 millimoles)	0.35	8.3	4.8	4.8	—	—
	0.70	17.0	8.7	6.1	—	—
	1.76	33.0	18.2	9.0	—	—
	3.51	63.6	34.4	—	—	—
	7.03	—	55.4	20.0	—	—
	35.1	—	—	43.6	5.1	—
	70.2	—	—	—	7.2	—
	176	—	—	—	10.3	—
	351	—	—	—	17.0	—
Acide caprique pur	25	9.5	9.0	8.6	3.0	—
	50	16.5	15.7	13.8	5.0	—
	100	30.1	27.5	21.0	8.2	—
	300	67.5	57.0	34.3	17.5	—
Acide caprylique pur	500	—	—	—	6.6	—
	1 000	—	—	—	8.8	—
	3 000	—	—	—	21.2	—
Acide stéarique pur	0.70	7.1	—	—	—	—
	1.76	12.6	5.1	—	—	—
	3.51	24.5	6.9	—	—	—
	7.03	38.0	23.8	10.0	—	—
	17.6	—	—	13.7	—	—
	35.1	—	43.0	20.2	—	—
	70.3	—	—	—	3.8	—
	176	—	—	38.7	4.5	—
	351	—	—	—	5.8	—
	703	—	—	—	6.5	—

où  $n$  et  $k$  sont deux constantes dépendant du minerai flotté et du collecteur utilisé.

Cette loi, bien suivie dans tous les cas étudiés, se représente avantageusement sous sa forme logarithmique linéaire.

$$\log V = n \log C + \log k$$

Il est ainsi possible de dresser pour chaque fraction granulométrique un diagramme (*fig. 2 à 6*) où l'efficacité des divers collecteurs, à diverses concentrations, s'inscrit en un réseau de droites.

Les valeurs numériques des paramètres  $k$  et  $n$  correspondant à nos différents essais font l'objet du *tableau II*.

Ces résultats reflètent pour chaque acide l'effet combiné de son pouvoir hydrophobe et de son adsorption ainsi qu'il ressort de l'examen systématique de chaque graphique.

### § 3. FLOTTATION DE LA FRACTION GRANULOMÉTRIQUE 270-400 MAILLES

Pour cette fraction, on constate (Cf. *fig. 2*) que l'exposant  $n$  de la loi  $V = kC^n$  vaut environ 0,86 et est identique pour tous les acides gras étudiés, qui ne se distinguent donc les uns des autres que par leur coefficient  $k$ .

Cela signifie que, pour cette fraction, l'ordre d'efficacité des acides reste le même, quelle qu'en soit la concentration.

On constate aussi que l'ordre d'efficacité correspond à celui du pouvoir hydrophobe des différents acides, c'est-à-dire que l'acide stéarique vient en tête, et l'acide caprylique termine la séquence.

Il est normal que les acides les plus courts ne conviennent guère pour flotter ces grains relativement lourds qui nécessitent une force d'adhésion importante.

Tous les acides étudiés semblent s'adsorber favorablement.

### § 4. FLOTTATION DE LA FRACTION GRANULOMÉTRIQUE A

On constate (Cf. *fig. 3*) que, si l'exposant  $n$  de la loi  $V = kC^n$  est inchangé, par contre, le coefficient  $k$  prend une valeur plus faible, sauf pour l'acide caprique.

Il diminue le plus pour les acides stéarique et palmitique. La chute est moins marquée pour les acides myristique et laurique.

De nouvelles valeurs de  $k$ , il résulte que, pour cette fraction, l'acide stéarique fait place à un meilleur collecteur à chaîne plus courte: l'acide myristique.

L'efficacité moindre des autres collecteurs est attribuée à un taux d'adsorption moins favorable, pour les acides à chaîne plus longue, et à une hydrophobicité suffisante, pour ceux à chaîne plus courte.

### § 5. FLOTTATION DE LA FRACTION GRANULOMÉTRIQUE B

On constate que l'exposant  $n$  de la loi  $V = kC^n$  n'est plus le même pour tous les acides. (Cf. *fig. 4*). Les valeurs de cet



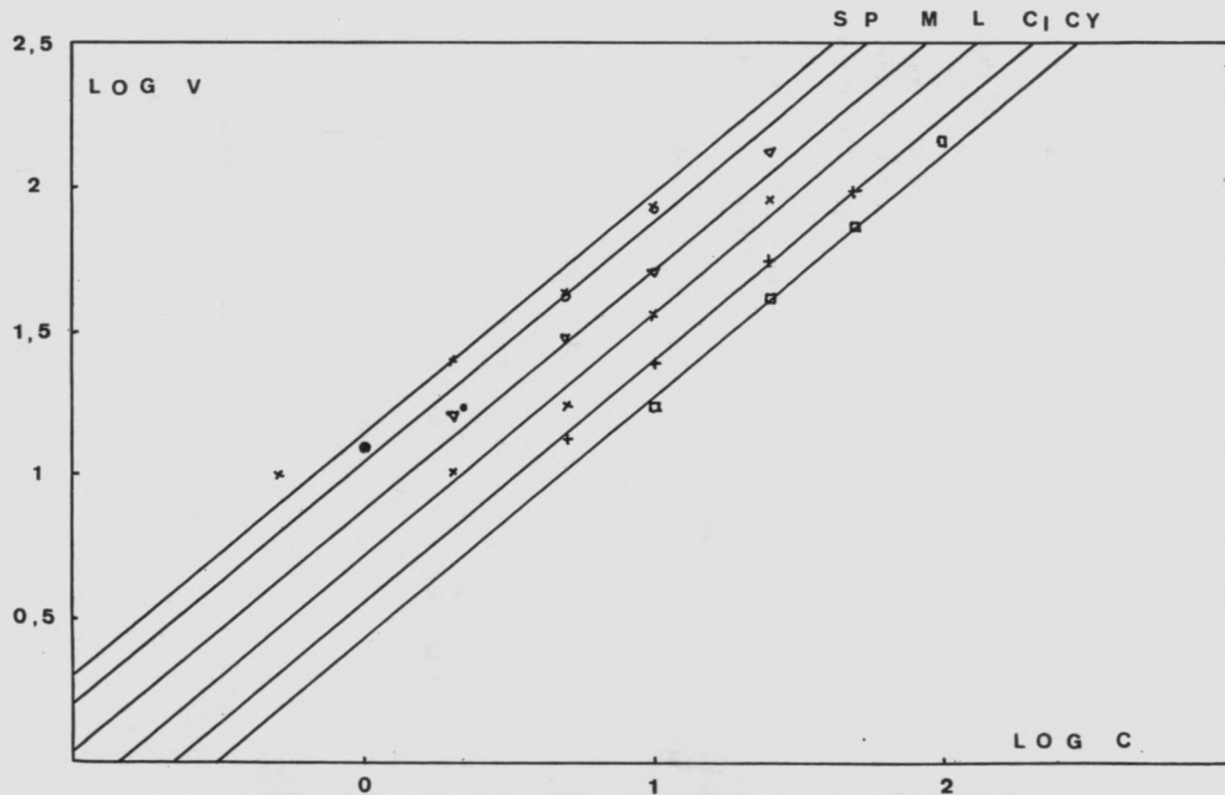


Fig. 2. — Flottation de la malachite 270-400 mailles; vérification de la loi cinétique; S = acide stéarique; P = acide palmitique; M = acide myristique; L = acide laurique; Ci = acide caprique; Cy = acide caprylique.

TABLEAU II. — Valeurs numériques des paramètres k et n.

Nature du collecteur	270-400 mailles		A		B		C		D	
	k (1 M <sup>-1</sup> )	n	k (1 M <sup>-1</sup> )	n	k (1 M <sup>-1</sup> )	n	k (1 M <sup>-1</sup> )	n	k (1 M <sup>-1</sup> )	n
Acide caprylique + paraffine (4 ml / 2,9 millimoles)	2.75	0.86	0.47	0.86	0.34	0.86	0.18	0.86	—	—
Acide caprique + paraffine (4 ml / 2,9 millimoles)	3.63	0.86	3.71	0.86	1.58	0.86	0.40	0.86	0.83	0.86
Acide laurique + paraffine (4 ml / 2,9 millimoles)	5.37	0.86	4.47	0.86	4.79	0.59	0.66	0.62	—	—
Acide myristique + paraffine (4 ml / 2,9 millimoles)	7.76	0.86	5.62	0.86	6.31	0.51	0.74	0.54	—	—
Acide palmitique + paraffine (4 ml / 2,9 millimoles)	11.48	0.86	5.13	0.86	5.37	0.50	0.66	0.53	—	—
Acide stéarique + paraffine (4 ml / 2,9 millimoles)	14.12	0.86	4.07	0.86	5.01	0.46	0.81	0.43	0.60	0.86
Acide stéarique + paraffine (4 ml / 1.76 millimoles)	21.87	0.86	11.75	0.86	7.94	0.49	1.70	0.48	—	—
Acide caprylique pur	—	—	—	—	—	—	0.25	0.66	—	—
Acide caprique pur	0.62	0.86	0.57	0.86	1.58	0.66	0.85	0.66		
Acide stéarique pur	7.24	0.86	2.40	0.86	4.36	0.43	1.62	0.26		

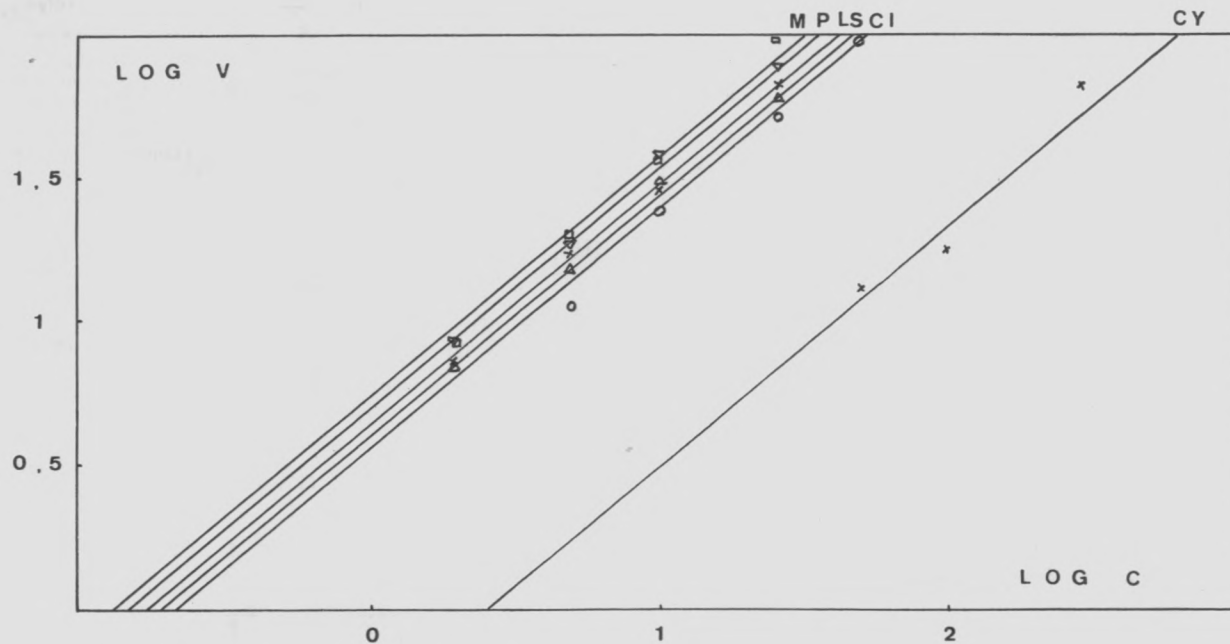


Fig. 3. — Flottation de la malachite A; vérification de la loi cinétique; S = acide stéarique; P = acide palmitique; M = acide myristique; L = acide laurique; Ci = acide caprique; Cy = acide caprylique.

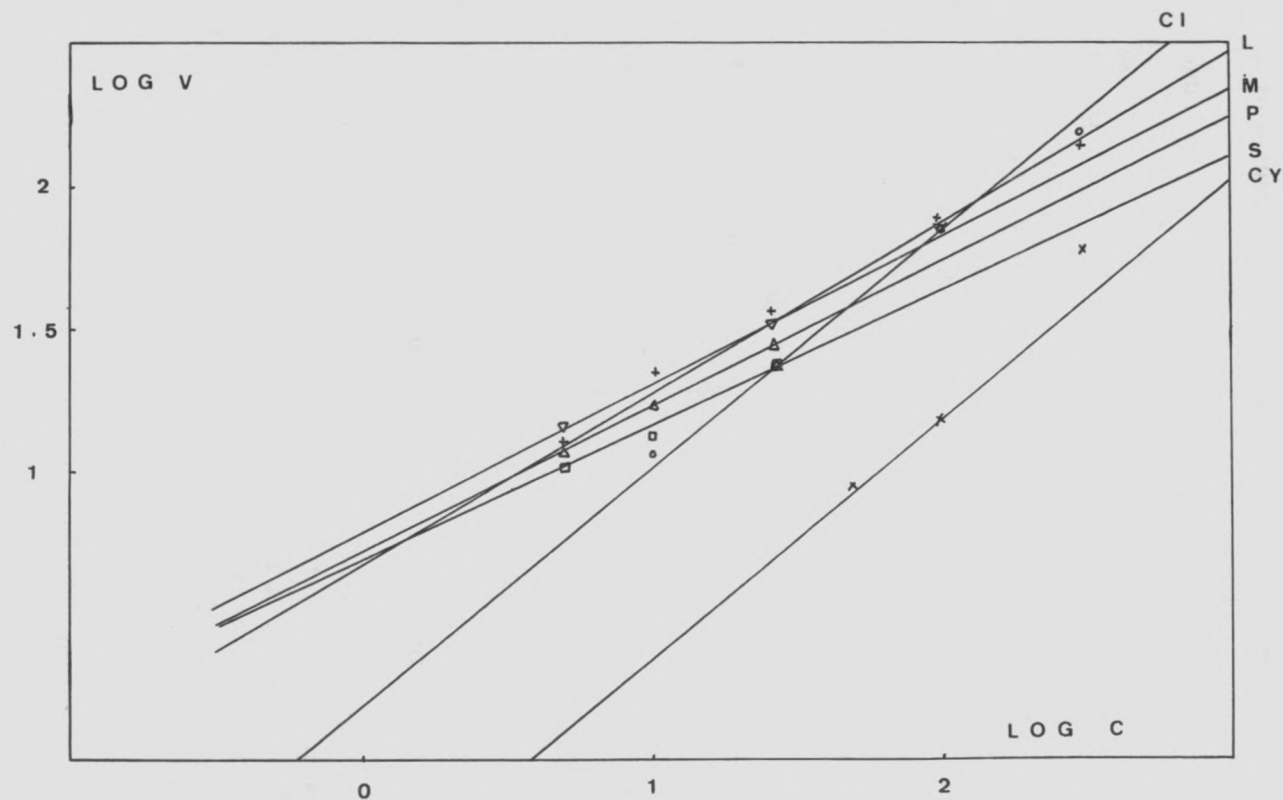


Fig. 4. — Flottation de la malachite B; vérification de la loi cinétique; S = acide stéarique; P = acide palmitique; M = acide myristique; L = acide laurique; Ci = acide caprique; Cy = acide caprylique.

exposant sont plus faibles que pour la fraction A, sauf dans le cas de l'acide caprique.

La diminution de cet exposant est d'autant plus importante que la chaîne hydrocarbonée de l'acide est plus longue.

Des multiples valeurs de  $n$ , il résulte que les différentes droites logarithmiques se croisent et que la séquence d'efficacité dépend de la concentration de l'acide gras.

C'est ainsi que, à mesure que l'on augmente cette concentration, l'avantage passe successivement de l'acide myristique à l'acide laurique et de ce dernier à l'acide caprique.

L'explication proposée est la suivante: grâce à un isotherme d'adsorption encore favorable, l'acide caprique suffisamment hydrophobe pour ces grains légers, permet leur flottation, pour autant que la concentration en acide soit suffisante.

Pour une concentration plus faible, la différence entre l'adsorption de l'acide caprique et de l'acide laurique s'atténue et, dès lors, c'est celui-ci qui l'emporte, par son pouvoir hydrophobe plus important.

Aux fortes concentrations, l'efficacité des acides laurique, myristique, palmitique et stéarique est relativement faible, probablement parce qu'une adsorption médiocre ne permet pas de tirer parti de leur pouvoir hydrophobe.

## § 6. FLOTTATION DE LA FRACTION GRANULOMÉTRIQUE C

L'évolution, déjà observée avec la fraction B s'affirme encore davantage avec la fraction C (Cf. *fig. 5*).

Seul l'exposant  $n$  relatif aux acides caprique et caprylique conserve encore la même valeur.

Pour les acides à chaîne hydrocarbonée plus longue, la diminution de l'exposant  $n$  s'accroît encore, à tel point qu'ils ne sont guère utilisables pour flotter cette fraction.

L'acide stéarique, en particulier, se révèle tout à fait inefficace, même à très forte concentration.

L'explication proposée est la même que pour la fraction B: le comportement favorable de l'acide caprique semble dû à sa facilité d'adsorption et à son pouvoir hydrophobe suffisant pour

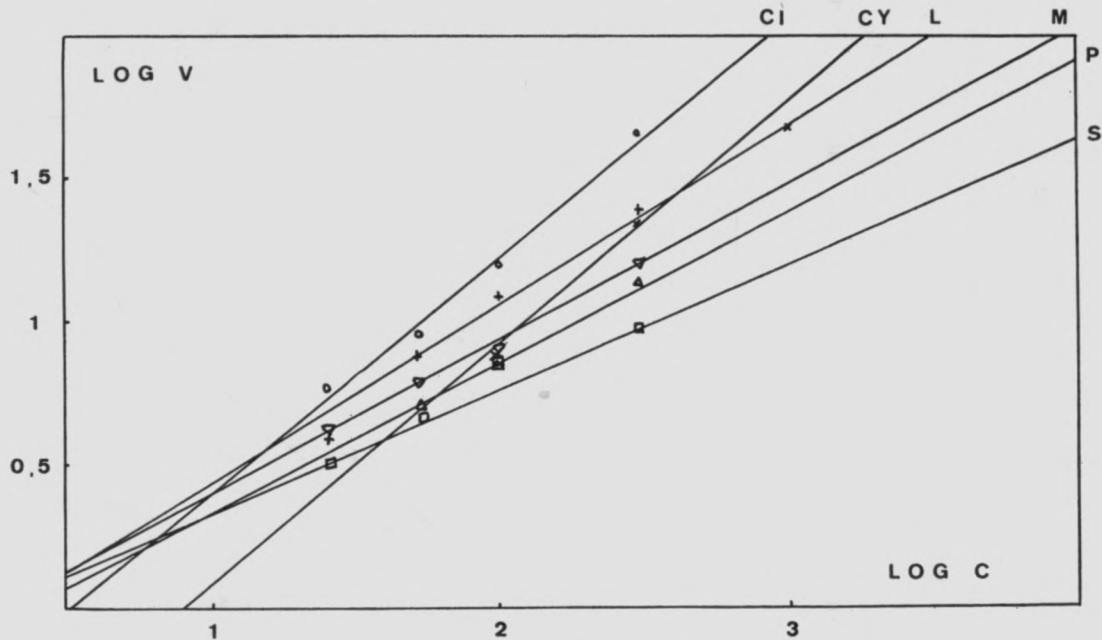


Fig. 5. — Flottation de la malachite C; vérification de la loi cinétique; S = acide stéarique; P = acide palmitique; M = acide myristique; L = acide laurique; Ci = acide caprique; Cy = acide caprylique.

ces particules légères. Notons que celui de l'acide caprylique paraît encore insuffisant.

L'inefficacité de l'acide stéarique est attribuée à une mauvaise adsorption.

§ 7. FLOTTATION DE LA FRACTION GRANULOMÉTRIQUE D

Les résultats obtenus (Cf. *fig. 6*) avec cette fraction se révèlent très intéressants, surtout si on les compare à ceux de la fraction C qui, rappelons-le n'a pas subi le même prétraitement mais possède la même composition granulométrique au-dessus de 2 microns.

La constatation la plus frappante vient des essais à l'acide stéarique: son exposant  $n$  s'est amélioré au point qu'il a cette fois la même valeur que pour l'acide caprique.

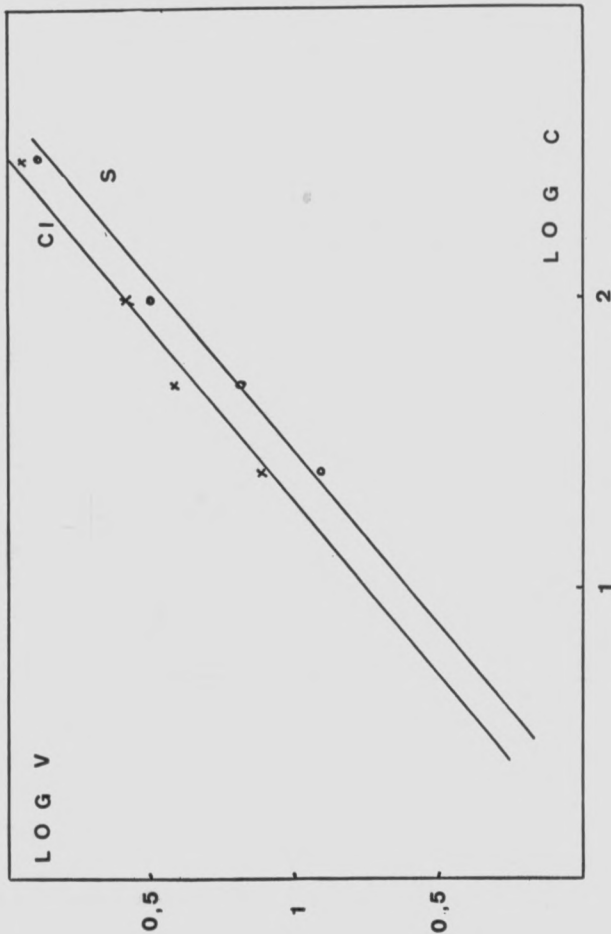


Fig. 6. — Flottation de la malachite D; vérification de la loi cinétique; S = acide stéarique; Ci = acide caprique.

Cette fraction D a donc un comportement similaire à celui des fractions A et 270-400 mailles.

On peut raisonnablement supposer que ce comportement nettement différent de celui de la fraction C reflète des différences dans l'adsorption.

Ces résultats indiquent clairement que les fines particules peuvent être flottées de façon très satisfaisante par les collecteurs habituels, moyennant un contrôle soigneux de leur état de surface.

# § 8. FLOTTATION AUX ACIDES GRAS PURS ET AVEC UNE PROPORTION DE PARAFFINE PLUS ÉLEVÉE

Les essais effectués avec une proportion plus élevée de paraffine (Cf. *Tableau III*) confirment les résultats des paragraphes précédents.

Notons seulement que, comme prévu, la vitesse de flottation croît en même temps que la proportion de paraffine.

TABEAU III. — Rendement, exprimé en %, après 1 minute de flottation.

Concentration: 50 micromoles/litre	270-400 mailles	A	B	C
Acide caprique pur	16.5	57.0	13.8	5.0
Acide caprique + paraffine (4 ml / 2,9 mmoles d'acide)	93.6	98.6	38.0	9.7
Acide stéarique pur	—	—	25.0	3.5
Acide stéarique + paraffine (4 ml / 2,9 mmoles d'acide)	—	—	28.9	4.6
Acide stéarique + paraffine (4 ml / 1,76 mmoles d'acide)	—	—	55.0	6.8



On voit aussi que l'amélioration due à la paraffine est d'autant plus notable que l'acide gras manque de pouvoir hydrophobe, c'est-à-dire que sa chaîne hydrocarbonée est courte.

## § 9. CONCLUSIONS

Un grand nombre d'essais de flottation standardisés a permis d'établir une relation simple entre la vitesse de flottation initiale et la concentration en réactif collecteur.

Les acides gras à chaîne hydrocarbonée longue, de préférence en présence de paraffine, conviennent pour la flottation des granulométries grosses, moyennes et fines de malachite pour autant que ces dernières aient été débourbées.

Dans le cas contraire, la flottation est très mauvaise, même à forte concentration.

Par contre, les acides gras à chaîne courte, surtout en présence de paraffine, conviennent pour la flottation de ces fines particules non débourbées.

Enfin, il faut souligner que l'ordre d'efficacité des différents acides, pour une granulométrie donnée, peut varier selon la concentration en acide gras.

25 janvier 1974.

**P. Fierens et G. Lambin. — Etude de la flottation  
par sulfuration de la malachite et de la  
pseudo-malachite**

RÉSUMÉ

Les Auteurs ont étudié le comportement relatif de la malachite et du minerai de N'Sesa contenant une forte proportion de pseudo-malachite, flottés par l'amyloxanthate de potassium, après sulfuration.

Plusieurs paramètres influençant la flottation ont été étudiés. Une explication du comportement peu satisfaisant de la pseudo-malachite a été recherchée.

SAMENVATTING

De Auteurs bestudeerden het relatief gedrag, bij flotatie met kaliumamyloxanthaat, na sulfuratie, van malachiet en het erts van N'Sesa dat rijk is aan pseudo-malachiet.

Verschillende parameters die de flotatie beïnvloeden werden bestudeerd. Men tracht een verklaring te vinden voor het afwijkende gedrag van pseudo-malachiet.

\* \* \*

§ I. INTRODUCTION

La flottation industrielle des minerais contenant de la pseudo-malachite se révèle souvent capricieuse.

Il a donc paru intéressant d'examiner le comportement, à l'échelle du laboratoire, d'échantillons de tels minerais, par rapport à la malachite, choisie comme référence.

L'influence de la concentration en réactif sulfurant et celle du pH sur la flottation par sulfuration de la fraction 270-400 mailles de la malachite ont été les premiers objets de l'étude.

Ensuite, le comportement du minerai de N'Sesa a été examiné à son tour.

De nouveau, l'influence du pH a été étudiée.

Enfin, les différences constatées entre la flottation des deux minerais ont nécessité l'examen séparé des étapes sulfuration et flottation.

## § II. CONDITIONS GÉNÉRALES DES ESSAIS

La malachite, de granulométrie 270-400 mailles, provient d'un lot utilisé dans un autre travail [1] \*.

Les échantillons de minerai de N'Sesa fournis gracieusement par la société exploitante, contenaient 18,86 % de Cu sous forme de pseudo-malachite et 32,64 % de Cu sous forme de malachite, la teneur en phosphore, exprimée en  $P_2O_5$  étant de 15,40 %.

Le fer est présent à raison de 0,29 %.

La pseudo-malachite et la malachite sont intimement mélangées et il s'agit plutôt d'une solution solide que d'une association de ces deux minerais.

Quelques échantillons sélectionnés ont été broyés sous eau distillée dans un petit broyeur à boulets, en porcelaine.

La fraction 270-400 mailles, la seule étudiée, a été traitée durant 8 jours au débourbeur rotatif avant d'être utilisée ou conservée à sec.

Le réactif sulfurant est le sulfhydrate de soude.

Le collecteur est l'amyloxanthate de potassium.

Pour ces deux produits, seules des solutions fraîches ont été utilisées.

Tous les essais ont été effectués au moyen d'une cellule de flottation automatique [1].

Le mode opératoire suivi est décrit ci-après:

Environ 2 g de minerai sont conditionnés durant 2 minutes par

---

\* Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie *in fine*.

30 ml d'une solution de NaHS, éventuellement additionnée d'HCl ou de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  pour ajuster le pH à la valeur désirée.

On ajoute alors 30 ml d'une solution d'amylxanthate de potassium, généralement à la concentration de 10 mg par litre, et contenant éventuellement aussi de l'HCl ou du  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Le conditionnement est encore poursuivi durant 2 minutes.

Le minerai est ensuite flotté. Pendant cette étape, la colonne de flottation est remplie au moyen d'une solution d'amylxanthate de potassium, dont la concentration est la moitié de celle existant dans la cellule lors du conditionnement.

Cette solution est destinée à la fois à arrêter le conditionnement et à empêcher la désorption du xanthate fixé.

Éventuellement, cette solution contient également de l'HCl ou du  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  pour ajuster le pH à la valeur désirée.

### § III. FLOTTATION DE LA MALACHITE 270-400 MAILLES. INFLUENCE DE LA CONCENTRATION EN NaHS.

On constate (Cf. *Tableau I, fig. 1*) que la vitesse de flottation croît d'abord rapidement avec la concentration en NaHS.

TABLEAU I

Durée de la flottation (minutes)	Amylxanthate de potassium: 30 ml à 10 mg/l										
	Rendement de la flottation, exprimée en %										
	Concentration de la solution de NaHS, exprimée en mg/l										
	0	5	10	20	60	70	80	90	100	110	150
0.5	7.4	15.4	17.0	24.3	31.4	31.9	29.1	12.6	2.6	3.2	2.8
1	17.1	27.5	33.1	48.3	61.6	58.5	57.6	32.1	10.8	9.7	7.0
2	37.6	53.0	59.5	81.0	90.6	90.6	86.3	66.2	32.7	28.1	18.0
3	50.4	67.9	72.0	91.9	97.1	97.1	96.0	85.9	59.3	51.3	29.4
5	62.2	79.6	79.5	96.6	—	—	—	98.5	92.2	85.5	54.0

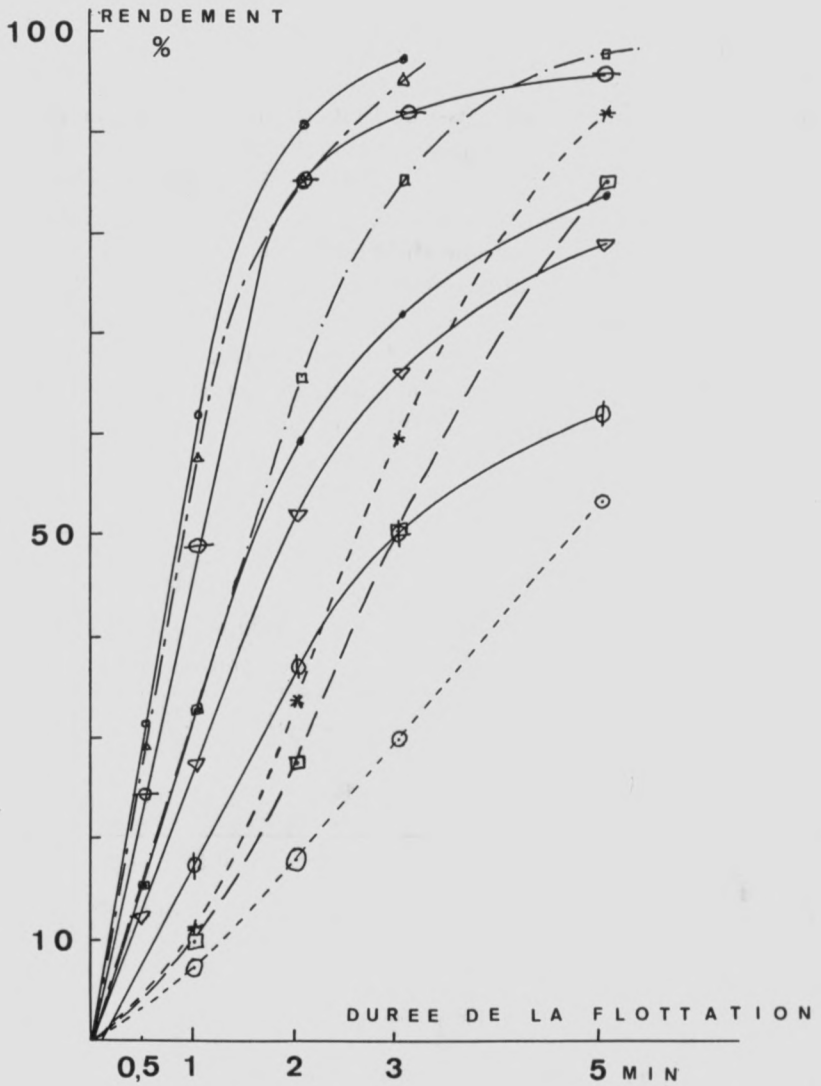


Fig. 1. — Sulfuration de la malachite 270-400 mailles. Influence de la concentration en NaSH.  $\nabla$  = 0 mg NaSH/l;  $\nabla$  = 5 mg NaSH/l;  $\bullet$  = 10 mg NaSH/l;  $\circ$  = 20 mg NaSH/l;  $\circ$  = 60 mg NaSH/l;  $\Delta$  = 80 mg NaSH/l;  $\square$  = 90 mg NaSH/l; \* = 100 mg NaSH/l;  $\square$  = 110 mg NaSH/l;  $\odot$  = 150 mg NaSH/l.

On atteint ensuite un palier correspondant à une concentration optimum en ce produit.

Pour des concentrations en NaHS légèrement supérieures à cet optimum, la courbe cinétique accuse une allure sigmoïde.

La flottation ne démarre pas franchement dès les premiers instants.

Ensuite, après environ 45 secondes de flottation, la courbe cinétique prend son aspect habituel.

L'interprétation de ce comportement est la suivante: au début de l'étape flottation, le NaHS en excès a un effet inhibiteur.

Cet excès est progressivement consommé, soit par adsorption, soit par oxydation. L'inhibition disparaît alors et la flottation prend son cours normal.

Pour des concentrations en NaHS largement supérieures à la concentration optimum, la courbe cinétique montre que l'inhibition subsiste tout au long de l'étape flottation.

La raison en est certainement que l'excès de Na HS est tel qu'il ne peut plus être consommé au cours de cette étape.

L'influence néfaste d'un excès de réactif sulfurant, et la suppression de cet effet inhibiteur par un conditionnement prolongé, est d'ailleurs un phénomène connu [2].

#### § IV. INFLUENCE DE L'ALCALINITÉ SUR LA FLOTTATION DE LA MALACHITE 270-400 MAILLES

La concentration en ions  $\text{HS}^-$  est beaucoup moins sensible au pH que celle en ions  $\text{S}^{--}$  ou en molécules  $\text{H}_2\text{S}$ .

Elle est tout de même d'autant plus grande que le milieu est plus alcalin. On peut donc s'attendre à un effet favorable des pH élevés sur la flottation.

Par contre, on sait qu'un excès d'ions  $\text{OH}^-$  provoque une compétition de ceux-ci avec les ions  $\text{HS}^-$  à la surface du minerai et est donc nuisible au point de vue flottation.

Pour ces raisons, on peut prévoir l'existence d'un domaine de pH optimum; les résultats des essais (Cf. *Tableau II* et *fig. 2*) montrent qu'il en est bien ainsi: l'influence néfaste d'un milieu trop alcalin apparaît clairement.

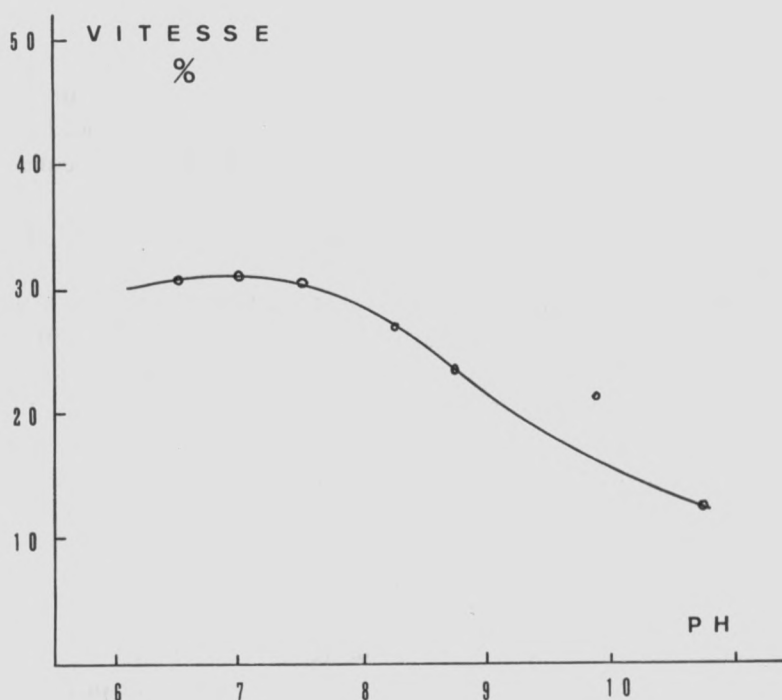


Fig. 2. — Influence du pH sur la vitesse de flottation initiale de la malachite 270-400 mailles.

Vu l'instabilité des xanthates en milieu acide, seuls les pH supérieurs à 6 ont été étudiés.

Signalons que la mesure du pH a été réalisée après 1 minute de conditionnement et au moyen de papiers indicateurs sensibles à 0,1 unité pH.

En effet, les électrodes de verre en notre possession (Metrohm EA 120 X) semblaient répondre de façon aberrante dans ces pulpes. Peut-être leur comportement était-il influencé par des phénomènes d'adsorption à la surface du verre. Il faut d'ailleurs noter que, après une immersion dans ces pulpes, leur rinçage était particulièrement lent.

Le comportement peu satisfaisant des électrodes en verre dans les solutions de sulfure a déjà été signalé par Dole [3].

TABLEAU II

Durée de la flottation (minutes)	Amylxanthate: 30 ml à 10 mg/l; NaHS: 30 ml à 20 mg/l					
	Rendement de la flottation, exprimée en %					
	Concentration en $\text{Na}_2\text{CO}_3$ (en mg/l)					
	0	33	66	72.5	330	660
0.5	15.0	12.0	12.7	12.6	8.7	6.4
1	31.0	30.8	26.3	23.0	19.4	13.4
2	61.5	53.5	51.0	45.0	41.2	25.2
3	80.0	72.4	69.6	62.0	58.8	53.6
5	90.5	89.3	87.4	80.0	79.2	52.8
pH de la pulpe	6.5	7.5	8.2	8.7	9.8	10.7

## § V. FLOTTATION DU MINÉRAI DE N'SESA

Les quantités satisfaisantes de NaHS (30 ml à 50 mg/l) et d'amyloxanthate de potassium (30 ml à 20 mg/l) ayant été déterminées préalablement par des essais d'orientation, l'étude a porté sur l'influence du pH de conditionnement.

Dans la comparaison de la malachite et du minéral de N'Sesa, il convient en effet de s'attacher aux rendements obtenus dans les conditions les meilleures pour chaque minéral.

Les résultats (Cf. *Tableau III*, et *fig. 3*) montrent que les récupérations, sans être vraiment mauvaises, sont moins favorables que pour la malachite, malgré la concentration double en xanthate.

Nous avons cherché à déterminer si ce comportement provient d'une déficience dans l'étape sulfuration ou d'une moindre efficacité du xanthate pour le minéral de N'Sesa.



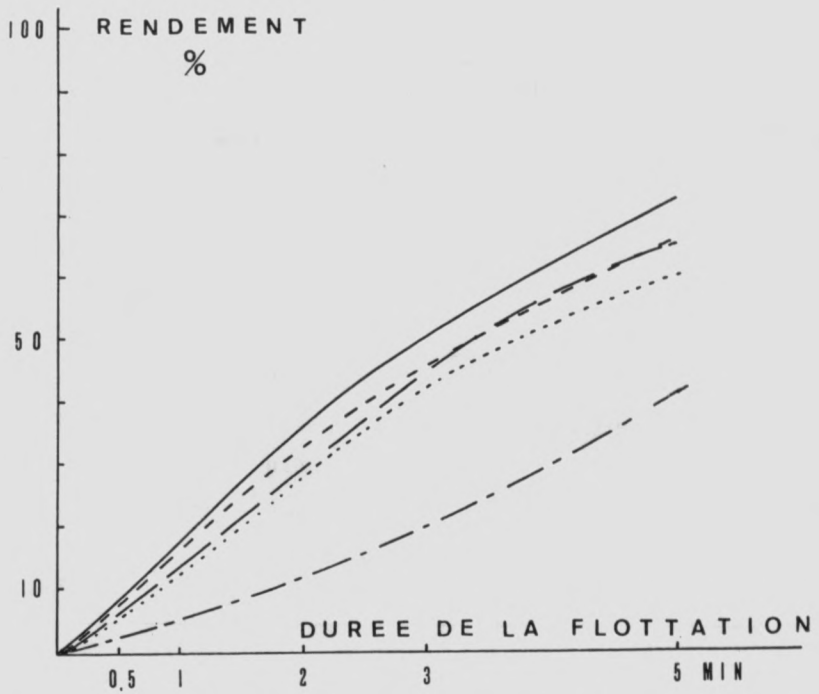


Fig. 3. — Influence du pH sur le rendement de la flottation du minéral de N'Sesa.  
 ..... = pH 6,5; ..... = pH 8,8; --- = pH 9,5; — = pH 6,0; --- = pH 5,4.

TABLEAU III

Durée de la flottation (minutes)	Amylxanthate: 30 ml à 20 mg/l; NaHS: 30 ml à 50 mg/l					
	Rendement de la flottation, exprimée en %					
	Conc. en HCl (mg/l)			Conc. en Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (mg/l)		
	200	100	0	0.2	.1	3
0.5	2.3	6.1	7.0	7.6	9.0	—
1	5.6	13.1	14.5	17.6	17.0	—
2	14.0	28.4	29.6	37.7	33.8	—
3	22.1	42.7	45.0	50.8	45.8	—
5	42.7	60.9	65.9	72.4	65.5	0
pH de la pulpe	9.5	8.8	6.5	6.0	5.4	5.0

## § VI. CONTRÔLE DE L'ÉTAPE SULFURATION

L'efficacité de l'étape sulfuration a été contrôlée par des essais parallèles menés sur la malachite et sur le minerai de N'Sesa, en dosant les ions  $S^{--}$  résiduels après conditionnement de ces minerais par une solution de Na HS.

Le dosage a été effectué par colorimétrie du bleu de molybdène.

Afin de nous assurer que la consommation des ions  $S^{--}$  n'était pas due à l'oxydation, nous avons également suivi l'évolution de la concentration de ces ions, dans les mêmes conditions d'agitation, mais en l'absence de minerai.

Les conditions des essais et les résultats sont présentés ci-après.

*Conditions expérimentales:* On prend 4 béchers et dans les 3 premiers, on place 2 g de minerai. Dans chaque bécher, on introduit 30 ml d'une solution de NaHS à 120 mg/l et on agite vigoureusement.

Après 1 minute, on arrête l'agitation du contenu du premier bécher et on prélève 20 ml.

On procède de même après 2 minutes pour le deuxième bécher, et 4 minutes pour le troisième et le quatrième bécher. On prélève également 20 ml de la solution de NaHS. Cette prise correspond au temps 0 de l'expérience.

Résultats numériques:

TABEAU IV

Durée de l'agitation (minutes)	Densité optique		
	Malachite	N'Sesa	Essai à blanc
0	0.4	0.4	—
1	0.1	0.06	—
2	0.08	0.05	—
4	0.07	0.06	0.4

Pour chacune des cinq prises, on dose les ions  $S^{--}$  résiduels par colorimétrie. La densité optique mesurée est d'autant plus faible que la concentration en ions  $S^{--}$  résiduels l'est aussi.

Les résultats (Cf. *Tableau IV*) montrent que:

1. La consommation des ions  $S^{--}$  n'est pas due à l'oxydation.
2. La sulfuration est au moins aussi rapide pour le minerai de N'Sesa que pour la malachite.

C'est donc plutôt la faible efficacité du xanthate pour le minerai de N'Sesa qui serait responsable de sa flottation médiocre.

#### § VII. FLOTTATION DES MINERAIS NON SULFURÉS PAR L'AMYLXANTHATE DE POTASSIUM

L'efficacité relative de l'amylxanthate de potassium pour la malachite et le minerai de N'Sesa a été contrôlée par des essais de flottation de ces deux minerais, conditionnés par ce collecteur, sans sulfuration préalable.

Les conditions expérimentales des essais et les résultats numériques sont exposés ci-après.

*Conditions expérimentales:* le minerai est conditionné durant 3 minutes par 85 ml d'une solution d'amylxanthate de potassium à 50 mg/l. Il est ensuite flotté.

Les résultats du *Tableau V* confirment la conclusion du § VI relative aux minerais ayant subi une sulfuration préalable. A

TABLEAU V

Durée de la flottation	Rendement de la flottation, exprimé en %	
	Malachite	N'Sesa
0.5 minute	29.0	6.2
1 minute	57.0	13.2
2 minutes	85.8	30.1
3 minutes	93.1	45.6
5 minutes	94.9	72.7

concentration égale, l'amylxanthate de potassium est un collecteur moins efficace pour le minerai de N'Sesa que pour la malachite.

Cette inefficacité globale peut résulter d'une adsorption déficiente du xanthate.

Elle peut aussi n'être que le reflet d'une hydrophilicité élevée du minerai de N'Sesa. Des mesures supplémentaires seraient nécessaires pour lever cette incertitude.

25 janvier 1974.

#### BIBLIOGRAPHIE

- [1] LAMBIN, G.: Thèse de doctorat (Jury central de Belgique, 1969).
- [2] KLASSEN, V.-I. et MOKROUSOV, V.-A.: An introduction to the theory of flotation (Butterworths, London, 1963).
- [3] DOLE, M.: L'électrode en verre (Dunod, 1952).

## **P. Fierens et G. Lambin. — Cellule automatique de flottation de fines particules**

### **RÉSUMÉ**

Une machine de flottation de laboratoire, automatique, a été mise au point, permettant l'étude cinétique de la flottation des fines granulométries. Elle a été utilisée pour la flottation de la malachite par les acides gras. L'allure générale des courbes cinétiques a été examinée, de même que le rôle de la préparation du minerai et du collecteur. L'influence de l'addition de paraffine a été étudiée.

### **SAMENVATTING**

Een automatisch laboratoriumtoestel voor flotatie werd op punt gesteld. De cel laat de kinetische studie toe van zeer fijne poeders. Ze werd gebruikt voor de flotatie van malachiet bij middel van vetzuren.

Het algemeen verloop van de kinetische kurven, de conditionering van het erts en het collectiereagens werden onderzocht. De invloed van de toevoeging van paraffine werd nagegaan.

\* \* \*

### **§ 1. INTRODUCTION**

Nous nous sommes attachés à l'étude, à l'échelle du laboratoire, de la flottation de fines granulométries de malachite pure par des acides gras.

Dans le présent article, nous exposons en détail les techniques et la mise au point des conditions expérimentales de cette recherche.

Une publication suivante sera plus particulièrement consacrée aux résultats d'une étude cinétique de la flottation.

## § II. MACHINE DE FLOTTATION

La machine utilisée, représentée schématiquement à la *fig. 1*, est un développement du modèle précédemment mis au point par FIERENS et BARUH [1] \*.

Elle comprend essentiellement:

1. Une cellule de flottation;
2. Des organes auxiliaires;
3. Un centre de commande automatique et de régulation.

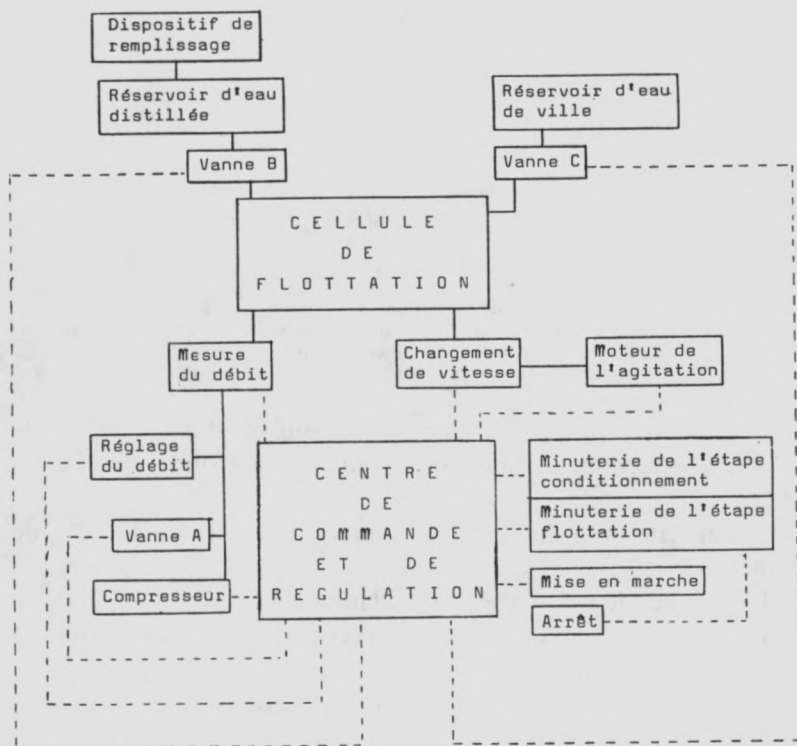


Fig. 1. — Schéma de la machine de flottation.

\* Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie *in fine*.

### 1. Cellule de flottation

La cellule est composée de 2 parties, reliées entre-elles par un joint conique B 40 (Cf. *fig. 2*). La partie inférieure est construite

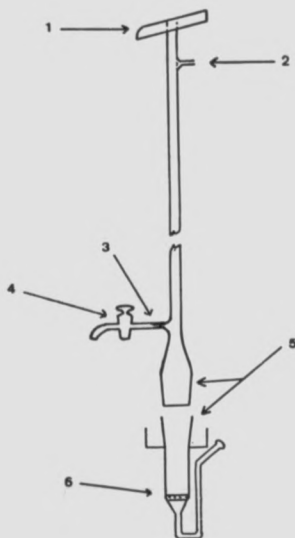


Fig. 2. — Colonne et cellule de flottation. 1 = gouttière; 2 = arrivée de l'eau de débordement; 3 = étranglement; 4 = robinet de vidange; 5 = rodage normalisé B40; 6 = verre fritté.

à partir d'une plaque filtrante de porosité 3, d'un diamètre de 35 mm, sélectionnée pour la répartition uniforme des bulles d'air.

Sa capacité utile de 85 ml lui permet de traiter de 1 à 4 g de minéral.

Un robinet de vidange est soudé latéralement.

Un étranglement en interdit l'accès aux particules minérales durant la flottation.

Enfin, elle est raccordée au dispositif d'admission d'air par un rodage sphérique capillaire Quickfit MS 13C. La partie supérieure est constituée d'un tube droit en pyrex, de 2,2 cm de diamètre et de 100 cm de haut. Cette hauteur est largement suffisante pour que seules les particules minérales réellement flottées

atteignent le sommet, à l'exclusion de celles entraînées par turbulence, même si leur granulométrie est extrêmement fine. Au sommet de la colonne, un courant d'eau entraîne le minerai vers des récipients collecteurs changés à intervalle désiré.

Soulignons l'importance de la cohésion des aggrégats bulles-particules dans cette machine: ils doivent parcourir une distance d'un mètre avant d'être recueillis.

## 2. *Organes auxiliaires*

La machine comprend les mêmes dispositifs auxiliaires que celle de FIERENS et BARUH. Les principaux sont:

- a) L'admission d'air, à un débit automatiquement contrôlé;
- b) L'agitation magnétique de la pulpe, à vitesse modérée pour le conditionnement, rapide pour la flottation;
- c) Le remplissage automatique de la colonne par de l'eau distillée au début de l'étape flottation.

L'eau d'entraînement du minerai flotté, contrôlée par une vanne magnétique, n'est admise que 6 secondes après le début de l'étape flottation, lorsque la colonne est déjà remplie.

## 3. *Centre de commande automatique et de régulation*

Le centre de commande automatique, ainsi que les organes de mesure et de régulation du débit d'air sont similaires dans leur principe à ceux imaginés par FIERENS et BARUH.

Pour les essais de cinétique, les récipients collecteurs sont changés manuellement. La minuterie de l'étape flottation n'est alors pas utilisée.

## § III. DESCRIPTION D'UN ESSAI DE FLOTTATION

Le minerai est d'abord conditionné par 85 ml de réactif collecteur, pendant une durée déterminée.

Ce conditionnement est ensuite bloqué par dilution et l'étape flottation commence, au cours de laquelle le minerai flotté est recueilli après 0,5, 1, 2, 3, 5 et 10 minutes. Après séchages et pesées, la courbe du rendement de la flottation en fonction de sa



durée est tracée à partir des valeurs du rapport:  $\left( \frac{W_{F(t)} \times 100}{W_{F+NF}} \right)$

où  $W_{F(t)}$  est la masse cumulative flottée au temps  $t$  et  $W_{F+NF}$  la masse de minerai mise en œuvre.

#### § IV. PRÉPARATION DES ÉCHANTILLONS

Les blocs de malachite sélectionnés, gracieusement fournis par l'Union minière du Haut-Katanga, ont été débarrassés manuellement des incrustations de gangue ou des zones d'aspect altéré.

Environ 15 kg de ces blocs ont été broyés grossièrement et tamisés à sec.

La fraction comprise entre 8 et 14 mailles, homogénéisée, a servi de réserve pour les broyages humides ultérieurs, réalisés sous eau distillée dans un broyeur de porcelaine chargé de galets de malachite. Ces galets sont préparés eux-mêmes par autobroyage d'une partie des blocs sélectionnés. Le tamisage humide, sur tamis vibrants Tyler, est suivi d'un lavage au silicate de soude, par agitation durant une demi-heure, à raison de 4 g de silicate (module 2) pour 5 litres d'eau distillée et 1 kg de malachite. Les fractions supérieures à 400 mailles, décantées et soigneusement rincées à l'eau distillée sont encore traitées pendant 8 jours au débourbeur rotatif [1].

La fraction inférieure à 400 mailles est décantée durant une heure dans un récipient rempli sur une hauteur de 50 cm. Le décantat, rincé à l'eau distillée, est séparé en deux fractions (A et B) par un tamisage vibrant sur micro-tamis de  $15 \mu$  nominal; chacune est encore lavée durant 8 jours au débourbeur rotatif.

La suspension surnageante, séparée par siphonnage, filtrée et rincée à l'eau distillée, constitue la fraction C. Une partie de cette fraction C est traitée durant un mois au débourbeur rotatif. On obtient ainsi la fraction D. Toutes les fractions sont conservées à sec.

Il a été vérifié que ce type de conservation n'affecte pas la flottabilité: les résultats de flottation, à 5 mois d'intervalle, sont similaires.

La courbe granulométrique des fractions A, B, C et D, déterminée au moyen du compteur Coulter, est représentée à la fig. 3.

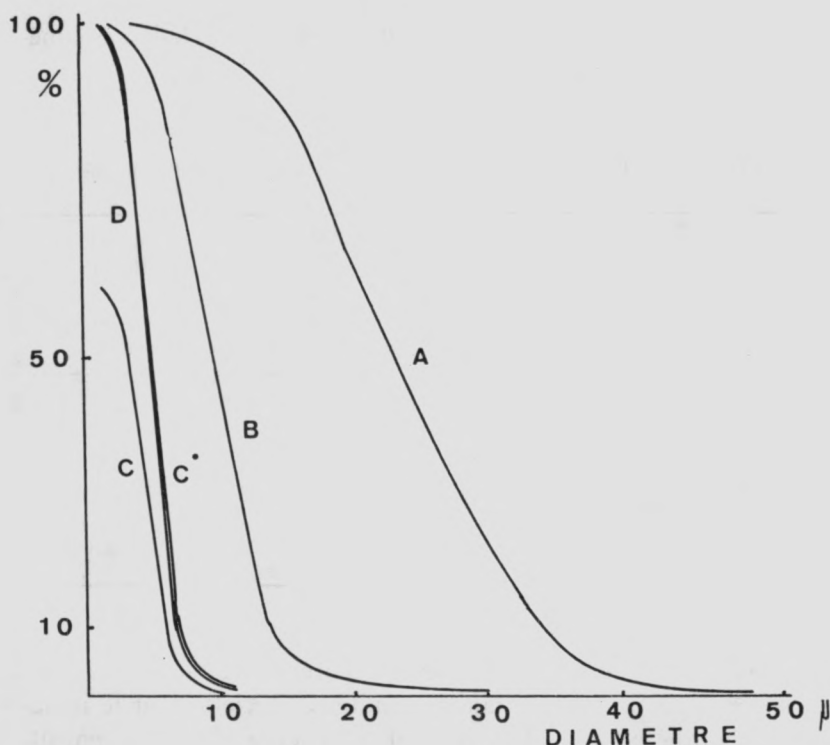


Fig. 3. — Répartition granulométrique des fractions A, B, C et D. La courbe C\* représente la répartition de la fraction C, établie en ne tenant pas compte des particules inférieures à 2 microns.

On constate que la répartition granulométrique des fractions C et D est identique au-dessus de  $2 \mu$ : la courbe calculée pour la fraction C dans ces conditions se superpose à celle de la fraction D.

## § V. ACTION DU DÉBOURBEUR ROTATIF

Le débourbeur rotatif utilisé semble agir de 2 façons: la première est l'enlèvement des « slimes coatings » recouvrant le minerai; la deuxième est une modification, favorable au point de vue flottation, de la surface minérale ainsi dégagée.

Le premier effet, d'ailleurs visible, est favorisé par les propriétés dispersantes de la pulpe. Il a été montré (Cf. *Tableau I*)

que le silicate de soude accélère ce lavage, et par là-même améliore la flottabilité du minéral.

TABLEAU I. — Influence du silicate de soude. Flottation par l'acide stéarique.

Durée de la flottation	Malachite non débourbée	Malachite débourbée à l'eau	Malachite débourbée au silicate
	Rendement de la flottation, exprimé en %		
5 minutes	0	14,4	53,6
10 minutes	0	28,1	70,0
15 minutes	0	36,9	77,8
20 minutes	0	44,5	82,3

Le deuxième effet a été mis en évidence, d'une façon indirecte: s'il n'existait pas, il suffirait de souiller artificiellement le minéral débourbé pour qu'il perde tout le bénéfice du prétraitement. Ce n'est pas le cas, comme le montrent les résultats du *tableau II*.

TABLEAU II. — Influence d'une souillure artificielle de la malachite par agitation en présence de particules ultra-fines. Flottation par l'acide stéarique.

Durée de la flottation	100-200 débourbé	100-200 débourbé et souillé	100-200 non débourbé
	Rendement de la flottation, exprimé en %		
0,5 minute	55,5	37,4	2,2
1 minute	79,7	63,5	5,0
2 minutes	90,4	79,7	9,0
3 minutes	93,4	84,4	12,1
5 minutes	94,7	87,1	15,8

## § VI. PRÉPARATION DES COLLECTEURS

Les acides gras étudiés sont les acides caprylique, caprique, laurique, myristique, palmitique et stéarique.

Seuls les acides caprylique, caprique et stéarique ont pu être utilisés purs.

Les autres, trop peu solubles pour être utilisés en solution, forment des émulsions instables, à l'état pur.

Toute la série, en mélange avec de la paraffine, forme des émulsions stables et a été étudiée sous cette forme.

La stabilité de ces émulsions permet de les conserver environ 24 heures.

Outre son rôle stabilisant, la paraffine a également un effet dispersif indirect et un effet renforçateur.

On peut considérer que les micelles formées à partir d'acide gras pur renferment en leur sein des molécules d'acide qui sont mal utilisées.

En effet, ces dernières n'augmentent pas les chances de rencontre avec les particules minérales.

Par contre, l'intérieur des micelles formées en présence de paraffine est constitué de molécules d'hydrocarbure, non polaires. Les molécules d'acide gras ainsi remplacées peuvent participer à la formation de nouvelles micelles.

Bien que, par sa structure, la paraffine ne soit pas un dispersant, elle n'en a donc pas moins un effet dispersif indirect.

L'effet renforçateur de réactifs non polaires a déjà été observé par plusieurs auteurs [2].

La réalité des deux effets mentionnés ci-dessus a pu être démontrée par une série de 3 essais de flottation, dont les résultats font l'objet du *tableau III*.

Dans un 1<sup>er</sup> essai, de référence, la malachite a été conditionnée par une suspension d'acide stéarique pur.

Dans un 2<sup>e</sup> essai, le conditionnement s'est effectué en 2 étapes: d'abord par la suspension d'acide stéarique pur, ensuite par une émulsion fraîche de paraffine pure. L'amélioration constatée lors de la flottation ne peut être attribuée qu'à l'effet renforçateur.

Enfin, dans un 3<sup>e</sup> essai, les 2 effets, dispersif et renforçateur, ont pu se manifester simultanément: le conditionnement s'est opéré par de l'acide stéarique dispersé en présence de paraffine.

De fait, c'est pour cet essai que les résultats de flottation sont les meilleurs.

TABLEAU III. — Mise en évidence de l'effet dispersif et renforçateur de la paraffine. Flottation de la malachite inférieure à 400 mailles.

Durée de la flottation	Rendement de la flottation, exprimé en %		
	Essai n° 1	Essai n° 2	Essai n° 3
0,5 minute	10,4	25,2	73,9
1 minute	19,9	50,1	92,9
2 minutes	40,0	79,0	94,8
4 minutes	70,1	90,6	96,1
10 minutes	88,3	94,6	

## § VII. INFLUENCE DE LA PROPORTION DE PARAFFINE

Les résultats du *tableau IV* montrent que la vitesse de flottation croît avec la proportion de paraffine, du moins jusqu'à une certaine limite. Pour des proportions trop élevées, il y a une perte d'efficacité due vraisemblablement à une moindre stabilité des émulsions ainsi obtenues. En général, la proportion de 4 ml de paraffine pour 2,9 millimoles d'acide gras a été retenue pour la suite de l'étude (Cf. § IX).

TABLEAU IV. — Influence de la proportion de paraffine. Flottation de la malachite inférieure à 400 mailles. Concentration en acide stéarique: 10 micromoles par litre.

Durée de la flottation	Quantité de paraffine, exprimée en mg par litre					
	0	12	36	60	90	120
	Rendement de la flottation, exprimé en %					
0,5 minute	0,7	14,9	35,1	43,1	38,5	28,4
1 minute	2,2	27,0	59,4	67,7	67,9	62,8
2 minutes	4,4	54,6	87,9	90,1	93,9	90,0
4 minutes	6,7	87,6	95,7	96,0	97,8	95,8
10 minutes	14,3	97,6				

# § VIII. DURÉE DE L'ÉMULSIFICATION

Les résultats du *tableau V* indiquent l'influence sur la flottation de la durée de l'émulsification du collecteur.

D'autre part, la *fig. 4* illustre clairement l'évolution de la dispersion. On voit que le pourcentage des micelles inférieures à 1 micron (micelles non décelées avec l'orifice de  $50\ \mu$  du compteur Coulter utilisé) est nettement plus élevé après un traitement prolongé. Pour la suite de l'étude, les émulsions ont été traitées durant 35 minutes (Cf. § XI).

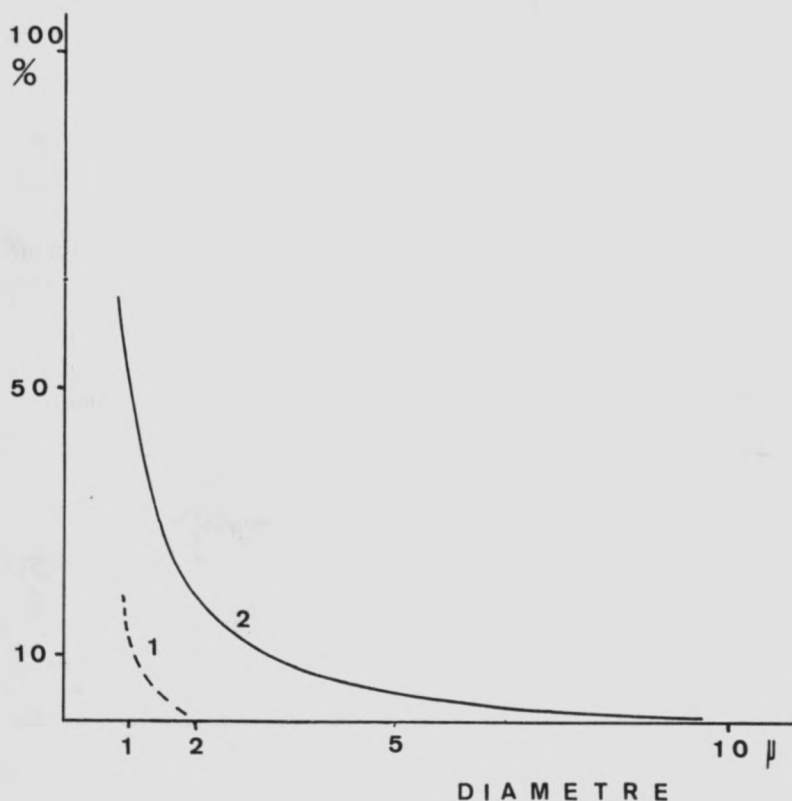


Fig. 4. — Répartition granulométrique des émulsions de collecteur. 1 = émulsion traitée durant 50 minutes; 2 = émulsion traitée durant 15 minutes.

TABLEAU V. — Influence de la durée de l'émulsification. Flottation de la malachite inférieure à 400 mailles par une émulsion d'acide stéarique (100 micromoles par litre) et de paraffine (144 mg par litre).

Durée de la flottation	Rendement de la flottation, exprimé en %				
	Durée de l'émulsification, exprimée en minutes				
	10	15	20	30	50
0,5 minute	6,2	8,6	8,0	11,3	11,3
1 minute	8,6	13,9	17,1	18,1	18,6
2 minutes	13,0	23,4	28,7	33,1	33,4
4 minutes	20,1	35,6	49,5	(39,0)	57,1
10 minutes	34,1	60,6	78,0	82,4	80,0

## § I.X. REPRODUCTIBILITÉ DES ÉMULSIONS

La technique utilisée (Cf. § XI) permet la préparation d'émulsions très reproductibles. Les résultats de flottation (Cf. *Tableau VI*) obtenus au moyen de différentes émulsions, de même concentration, présentent des écarts du même ordre de grandeur que ceux obtenus au moyen d'une même émulsion.

TABLEAU VI. — Reproductibilité des émulsions. Flottation de la malachite inférieure à 400 mailles.

Rendement, exprimé en %, après 1 min. de flottation			
	Emulsion A	Emulsion B	Emulsion C
Essai n° 1	18,5	16,5	18,2
Essai n° 2	17,0	20,7	20,0
Essai n° 3	18,0	20,2	20,2

## § X. PRODUITS UTILISÉS

Les acides gras utilisés sont des produits pour analyse, de la firme Hopkin et Williams ou Riedel de Haen.

La paraffine est un produit Merck à usage médical

$$(d_{20} = 0,885; \quad n_{20} = 1,4846)$$

Pour 4 ml de paraffine, la quantité d'acide gras est ordinairement de 2,9 millimoles soit:

418,6 mg d'acide caprylique

500,0 mg d'acide caprique

581,5 mg d'acide laurique

662,9 ml d'acide myristique

744,4 mg d'acide palmitique

825,8 mg d'acide stéarique

## § XI. TECHNIQUE OPÉRATOIRE

4 ml de paraffine et la quantité correspondante d'acide gras sont ajoutés à 300 ml d'eau suffisamment chaude pour que la phase organique soit liquide. L'ensemble est alors traité durant 35 minutes par un émulsionneur Jauke et Kunkel « Ultra Turax » T 45, préalablement réchauffé et tournant à plein régime. Une thermostatisation du récipient prévient l'ébullition. La suspension, refroidie et portée au litre, est diluée à l'eau bidistillée selon les besoins.

## § XII. DURÉE DU CONDITIONNEMENT

Le conditionnement des granulométries grosses ou moyennes de malachite en tube Hallimond a déjà fait l'objet de recherches approfondies [1].

Il était à prévoir que le conditionnement des granulométries fines serait rapide, vu leur grande surface spécifique.

Effectivement, nos essais ont montré que la durée de 4 minutes, adoptée pour la suite de l'étude, est largement suffisante.

## § XIII. ASPECT DES COURBES CINÉTIQUES

Les graphiques du rendement de la flottation en fonction de sa durée présentent tous le même aspect, dont un exemple est donné à la *fig. 5*.



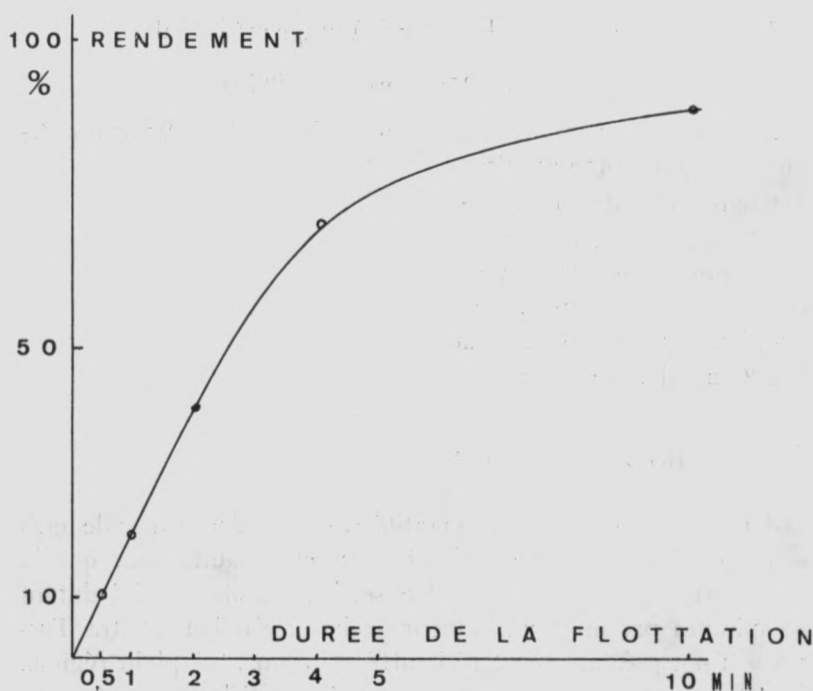


Fig. 5. — Allure générale du rendement de la flottation en fonction de sa durée. Minéral: malachite inférieure à 400 mailles; collecteur: acide stéarique à 100 micromoles par litre.

On y distingue 2 parties: au début de la flottation, la récupération suit une loi approximativement linéaire, ensuite la vitesse de flottation diminue progressivement et le rendement tend vers une limite: le rendement maximum dans les conditions de l'expérience.

Notre attention s'est principalement portée sur la partie linéaire, la plus intéressante du point de vue pratique.

Le rendement de la flottation  $y$  est lié à sa durée par la relation:  $R = Kt$  et la vitesse de flottation  $V = \frac{dR}{dt}$

est donc égale à la constante  $K$ . Ce résultat concorde avec ceux de TOMLINSON et FLEMING [3] qui appellent « flottation inhibée » cette partie du processus.

Ces auteurs estiment que la flottation y est caractérisée par une utilisation optimum de la surface gazeuse disponible.

En fait, pour une aération et une granulométrie déterminées cette situation ne peut exister que pour une seule vitesse de flottation: la vitesse maximum possible dans ces conditions.

Mais dans tous les autres cas, la vitesse est inférieure à celle-ci et il n'y a pas d'« inhibition » au sens de TOMLINSON et FLEMING.

25 janvier 1974.

#### BIBLIOGRAPHIE

- [1] BARUH, J. et FIERENS, P.: Etude des lois de la flottation (I, II, III et IV). Chimie et industrie (*Génie chimique*, Vol. 99, n° 3, 5 et 7, février, mars et avril 1968).
- [2] KLASSEN, V.-I. et MOKROUSOV, V.-A.: An introduction to the theory of flotation. (Butterworths, London, 1963, Chap. 18).
- [3] TOMLINSON, H.-S. et FLEMING, M.-G.: Etudes cinétiques de flottation (6<sup>e</sup> Congrès intern. de la préparation des minerais, Cannes, 1963, 677-690).

## Zitting van 29 maart 1974

De H. L. *Calembert*, directeur van de Klasse voor 1974, zit de vergadering voor.

Zijn bovendien aanwezig: De HH. F. Bultot, J. Charlier, I. de Magnée, G. de Rosenbaum, L. Jones, A. Lederer, A. Rollet, R. Van Ganse, leden; de HH. A. Clerfaÿt, J. De Cuyper, P. Fierens, Mgr L. Gillon, J. Hellinckx, A. Jaumotte, F. Pietermaat, A. Prigogine, A. Sterling, A. Van Haute, A. Van Hoof, geassocieerden, alsook de H. P. Staner, vaste secretaris.

Afwezig en verontschuldigd: De HH. P. Bartholomé, F. Campus, E. Cuypers, P. Geulette, P. Grosemans, J. Lamoën, F. Kainsin, J. Snel, R. Sokal, R. Spronck, R. Thonnard.

### Welkomstgroet

De *Voorzitter* begroet de HH. A. Van Haute en A. Jaumotte die voor het eerst aan onze zittingen deelnemen.

**« Flottation de la pseudomalachite,  
du chrysocolle et de l'hétérogénite,  
en présence de gangues schisto-dolomitiques,  
par des dialcoyl-dithiocarbomates de sodium »**

**« Propriétés collectives et adsorption,  
sur la malachite et la cassitérite, d'esters  
d'acides sulfapolycarboxyliques »**

De H. P. *Fierens* legt aan de Klasse de twee voormelde studies voor, opgesteld in samenwerking respectievelijk met de HH. H. CLARA en G. LAMBIN, en met de HH. F. CAMBIER, H. CLARA en G. LAMBIN.

Deze uiteenzettingen worden gevolgd door een bespreking waaraan deelnemen de HH. I. de Magnée, R. Van Ganse, A. Prigogine, J. De Cuyper en L. Hellinckx.

## Séance du 29 mars 1974

M. L. *Calembert*, directeur de la Classe pour 1974, préside la séance.

Sont en outre présents: MM. F. Bultot, J. Charlier, I. de Magnée, G. de Rosenbaum, L. Jones, A. Lederer, A. Rollet, R. Van Ganse, membres; MM. A. Clerfaÿt, J. De Cuyper, P. Fierens, Mgr L. Gillon, J. Hellinckx, A. Jaumotte, F. Pietermaat, A. Prigogine, A. Sterling, A. Van Haute, A. Van Hoof, associés, ainsi que M. P. Staner, secrétaire perpétuel.

Absents et excusés: MM. P. Bartholomé, F. Campus, E. Cuypers, P. Geulette, P. Grosemans, J. Lamoën, F. Kaisin, J. Snel, R. Sokal, R. Spronck, R. Thonnard.

### Bienvenue

Le président souhaite la bienvenue à MM. A. Van Haute et A. Jaumotte qui assistent pour la première fois à nos séances.

**Flottation de la pseudomalachite,  
du chrysocolle et de l'hétérogénite,  
en présence de gangues schisto-dolomitiques  
par des dialcoyl-dithiocarbomates de sodium**

**Propriétés collectrices et adsorption,  
sur la malachite et la cassitérite, d'esters  
d'acide sulfapolycarboxyliques**

M. P. *Fierens* présente à la Classe les deux études susdites, rédigées en collaboration, respectivement avec MM. H. CLARA et G. LAMBIN, et avec MM. F. CAMBIER, H. CLARA et G. LAMBIN.

Ces présentations sont suivies d'une discussion à laquelle prennent part MM. I. de Magnée, R. Van Ganse, A. Prigogine, J. De Cuyper et L. Hellinckx.

De Klasse beslist deze studies te publiceren in de *Mededelingen der zittingen* (blz. 262 en 283).

#### **« La géologie urbaine dans le monde d'aujourd'hui »**

De H. L. *Calembert* legt aan zijn Confraters zijn voormelde studie voor.

Hij beantwoordt vragen van de HH. A. *Lederer*, L. *Gillon* en R. *Van Ganse*.

De Klasse beslist dit werk te publiceren in de *Mededelingen der zittingen* (blz. 310).

#### **« Courbe de pression-altitude en atmosphère équatoriale »**

De H. L. *Jones* legt aan de Klasse de definitieve tekst voor van voormelde studie, opgesteld door de H. G. GOLBERT, en waarvan een eerste versie aan de Klasse voorgesteld werd in haar zitting van 27 november 1970.

De Klasse beslist dit werk te publiceren in de *Mededelingen der zittingen*.

#### **Administratieve mededeling**

De *Vaste Secretaris* brengt er de Klasse van op de hoogte dat door ministerieel besluit van 11 mei 1973 (waarvan de Academie een gelijkluidend verklaard afschrift ontving op 27 februari 1974) onze confrater de H. A. *Durieux* benoemd werd tot lid van de Bestuurscommissie, in vervanging van wijlen de H. M. *Walraet*, van wie hij het mandaat zal beëindigen.

Anderzijds werden, door ministerieel besluit van 7 februari 1974 de mandaten hernieuwd van de HH. A. *Lederer* en I. de *Magnée* als lid van de Bestuurscommissie.

#### **Jaarlijkse wedstrijd 1976**

De Klasse beslist de vijfde vraag van de jaarlijkse wedstrijd 1976 te wijden aan een mineralogisch onderwerp en de zesde aan de energiebronnen.

La Classe décide la publication de ces travaux dans le *Bulletin des séances* (p. 262 et 283).

### **La géologie urbaine dans le monde d'aujourd'hui**

M. L. *Calembert* présente à ses Confrères son étude susdite.

Il répond aux questions que lui posent MM. A. *Lederer*, L. *Gillon* et R. *Van Ganse*.

La Classe décide la publication de ce travail dans le *Bulletin des séances* (p. 310).

### **Courbe de pression-altitude en atmosphère équatoriale**

M. L. *Jones* présente à la Classe le texte définitif de l'étude susdite, rédigée par M. G. GOLBERT, et dont une première version a été présentée à la Classe en sa séance du 27 novembre 1970.

La Classe décide la publication de ce travail dans le *Bulletin des séances*.

### **Communication administrative**

Le *Secrétaire perpétuel* informe la Classe que par arrêté ministériel du 11 mai 1973 (dont une copie conforme a été remise à l'Académie le 27 février 1974) notre confrère M. A. *Durieux* a été nommé membre de la Commission administrative, en remplacement de feu M. M. *Walraet* dont il achèvera le mandat.

D'autre part, par arrêté ministériel du 7 février 1974, les mandats de MM. A. *Lederer* et I. *de Magnée* comme membres de ladite Commission, ont été renouvelées.

### **Concours annuel 1976**

La Classe décide de consacrer la cinquième question du concours annuel 1976 à un sujet minéralogique et la sixième aux ressources énergétiques.

De HH. *I. de Magnée* en *J. De Cuyper*, enerzijds, evenals de HH. *L. Gillon* en *A. Jaumotte* anderzijds, worden aangewezen om de tekst van deze vragen op te stellen.

### **Varia**

De H. *L. Calembert* signaleert de viering van de 100ste verjaardag van de *Société géologique de Belgique* die zal plaats hebben in het Palais des Congrès te Luik van 8 tot 14 september 1974.

De zitting wordt geheven te 16 h 30.

MM. *I. de Magnée* et *J. De Cuyper*, d'une part, ainsi que MM. *L. Gillon* et *A. Jaumotte*, d'autre part, sont désignés pour rédiger les textes desdites questions.

### Divers

M. *L. Calembert* signale la prochaine célébration du centième anniversaire de la *Société géologique de Belgique* qui aura lieu au Palais des Congrès à Liège, du 8 au 14 septembre 1974.

La séance est levée à 16 h 30.



**H. Clara, P. Fierens et G. Lambin \*. — Flottation  
de la pseudomalachite, du chrysocolle et de  
l'hétérogénite en présence de gangues  
schisto-dolomitiques par des  
dialcoyldithiocarbamates de sodium**

**RÉSUMÉ**

La flottation d'échantillons sélectionnés de pseudomalachite, de chrysocolle et d'hétérogénite et de minerais correspondants à gangue schisto-dolomitique a été étudiée en présence de neuf dialcoyldithiocarbamates de sodium différents comme collecteurs.

Tous ces réactifs s'adsorbent sur les minéraux avec formation rapide de dialcoyldithiocarbamate de cuivre ou de cobalt. L'accroissement de la longueur des chaînes alcoyles renforce l'hydrophobicité et favorise la flottation. Malheureusement, le pouvoir moussant de ces produits augmente également dans le même sens avec comme conséquence une notable diminution de la sélectivité.

**SAMENVATTING**

De flotatie van geselecteerde monsters van pseudomalachiet, chrysocolle heterogeeniet en hun overeenkomstige erts, gevat in schisto-dolomitisch ganggesteente werd onderzocht in aanwezigheid van negen verschillende natriumdialcoyldithiocarbamaten als kollektoren.

Al deze reactiva worden op deze mineralen geadsorbeerd met snelle vorming van koper- of cobaltdialcoyldithiocarbamaat.

De aangroei van de lengte van de alcoylketens versterken de hydrophobe eigenschappen en bevorderen de flotatie.

---

\* Service de Sciences des Matériaux, Université de l'Etat à Mons.

Het schuimvormend vermogen van deze produkten neemt ongelukkig toe in dezelfde zin met als gevolg een aanzienlijke vermindering van de selektiviteit.

\* \* \*

## 1. INTRODUCTION

La flottation de minéraux tels que la pseudomalachite, le chrysocolle et l'hétérogénite, qui accompagnent souvent la malachite, s'effectue avec des rendements peu satisfaisants, surtout en présence de gangues schisto-dolomitiques. Dans ces conditions, la récupération globale du cuivre et du cobalt à partir des minerais cuprifères oxydés, s'avère réduite d'autant.

Afin de tenter d'améliorer cette situation, nous avons étudié l'action collectrice de dialcoyldithiocarbamates de sodium qui forment un complexe insoluble dans l'eau avec les ions cuivre et ceux d'autres métaux lourds. *A priori*, cette propriété est susceptible de conférer à ces réactifs une sélectivité de collection des minerais cuprifères et cobaltifères vis-à-vis de gangues alcalino-terreuses.

## 2. MATÉRIEL EXPÉRIMENTAL

### 2.1. Minerais

La « Gécamines » a mis gracieusement à notre disposition des échantillons sélectionnés de pseudomalachite, d'hétérogénite et de chrysocolle, des minerais contenant ces minéraux et plusieurs types de gangues schisto-dolomitiques.

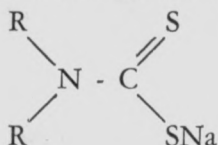
Ces matériaux ont été broyés et tamisés sous eau déminéralisée. Pour chaque minéral ou minerai, les fractions granulométriques 270-400 mailles et < 400 mailles ont été recueillies. Chaque fraction non débourbée est conservée à sec.

Des mélanges artificiels ont été préparés à partir de quantités adéquates de minéral et de gangue.

## 2.2. Réactifs collecteurs

Une série de dialcoyldithiocarbamates de sodium a été synthétisée par réaction du sulfure de carbone avec une amine secondaire en présence d'hydroxyde de sodium [3, 6].

Ces collecteurs répondent à la formule:



où R est un radical hydrocarboné qui, dans ce travail, varie du méthyle au *n*. décyle.

La synthèse a été réalisée dans un excès de sulfure de carbone. Neuf dialcoyldithiocarbamates de sodium ont été préparés et étudiés; ce sont les diméthyl - (R = CH<sub>3</sub>), diéthyl - (R = C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>), dipropyl - (R = *n*-C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>), dibutyl - (R = *n*-C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>), dipentyl - (R = *n*-C<sub>5</sub>H<sub>11</sub>), dihexyl - (R = *n*-C<sub>6</sub>H<sub>13</sub>), dicyclohexyl - (R = cyclo-C<sub>6</sub>H<sub>11</sub>), dioctyl - (R = *n*-C<sub>8</sub>H<sub>17</sub>) et didécyl - (R = *n*-C<sub>10</sub>H<sub>21</sub>).

Les dioctyl- et didécyldithiocarbamates ont fait l'objet de quelques essais non mentionnés dans le présent article.

Tous ces réactifs présentent un spectre ultra-violet et infra-rouge similaires [1, 5].

L'analyse thermique différentielle a mis en évidence une décomposition de ces produits vers 300 °C.

Aux environs de 80-100 °C, on observe un départ du solvant de recristallisation (benzène).

La solubilité dans l'eau de ces sels diminue quand le nombre d'atomes de carbone des groupements alcoyle augmente tandis que la solubilité dans les solvants organiques croît avec la longueurs des chaînes hydrocarbonées.

## 2.3. Machine de flottation

Les essais de flottation ont été réalisés à l'aide d'une machine automatique de laboratoire, similaire à celle utilisée lors d'études antérieures [4].

---

\* Les chiffres entre parenthèses renvoient à la bibliographie *in fine*.

Une quantité d'environ 1,5 g de minerai est conditionnée pendant 4 minutes par 100 ml d'une solution aqueuse de réactif collecteur. Après ce laps de temps, la colonne de flottation est remplie soit de la même solution collectrice (résultats du *tableau I et VIII*), soit d'eau déminéralisée et on recueille les fractions flottées et non flottées. Les fractions décantées et séchées sont pesées cumulativement, ou dans le cas de mélanges de minerais, dosées par spectrophotométrie d'absorption atomique, après avoir été pesées et dissoutes par un réactif approprié.

### 3. MÉTHODES DE DOSAGE

#### 3.1. *Dosage du cuivre par spectrophotométrie d'absorption atomique*

Chaque fraction de minerai est dissoute dans l'acide chlorhydrique concentré pour la pseudomalachite (55,2 % de cuivre) et dans l'eau régale pour le chrysocolle (39,35 % de cuivre) et l'hétérogénite (7,78 % de cuivre).

Les solutions sont diluées de manière à réaliser le domaine de concentration optimum.

Les résultats sont traités par ordinateur.

Les conditions expérimentales sont les suivantes:

Longueur d'onde: 3247,5 Å

Fente: 7 Å

Brûleur: short path (2 pouces)

Flamme: air-acétylène

Courant de la lampe: 15 mA.

#### 3.2. *Dosage par ultra-violet des collecteurs adsorbés*

La quantité de collecteur adsorbé sur le minerai peut être déterminée soit directement, soit indirectement par la mesure de la quantité de réactif restant en solution après le conditionnement.

##### 3.2.1. *Méthode indirecte*

Les dialcoyldithiocarbamates de sodium absorbent dans l'ultra-violet à des longueurs d'onde bien définies [5].

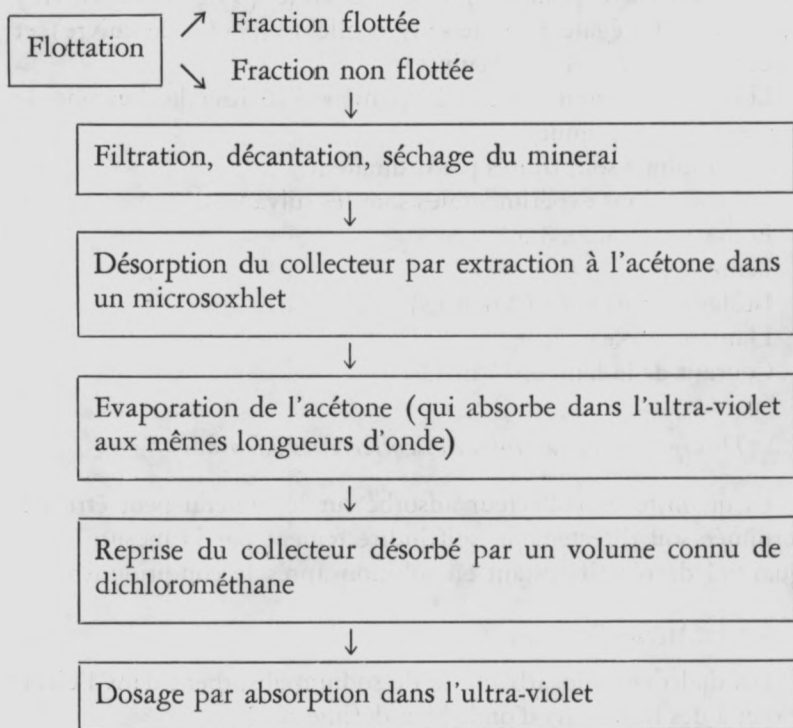
La détermination de leur coefficient d'adsorption molaire basée sur la loi de Beer-Lambert nous a permis de mesurer l'appauvrissement de la solution collectrice après le conditionnement.

### 3.2.2. Méthode directe

#### Principe de dosage

Les dialcoyldithiocarbamates de sodium réagissent à la surface des minerais cuprifères pour former les dialcoyldithiocarbamates de cuivre ou de cobalt correspondants. L'observation des spectres infra-rouge et ultra-violet montre que le collecteur adsorbé sur le minéral l'est entièrement sous forme de sel de cuivre ou de cobalt. Ceux-ci sont désorbés par extraction à l'acétone. Le dosage des dialcoyldithiocarbonates de cuivre et de cobalt ainsi recueillis est basé sur une mesure quantitative de l'absorption dans l'ultra-violet à des longueurs d'onde différentes de celles des sels de sodium correspondants.

#### Schéma des opérations



Pour chaque méthode, une droite d'étalonnage a été établie au moyen de solutions étalons préparées au départ de dialcoyldithiocarbamates de sodium, de cuivre et de cobalt.

Nous nous sommes efforcés de travailler dans le domaine de concentration où la densité optique varie linéairement avec celle-ci.

#### 4. CALCUL DU TAUX DE RECOUVREMENT

La détermination du taux de recouvrement  $\Theta$  (rapport de la surface du minéral couverte par le collecteur à la surface totale de l'échantillon) exige, outre la mesure des quantités de collecteur adsorbé, la connaissance des surfaces spécifiques des fractions granulométriques utilisées et la surface occupée par une molécule de dialcoyldithiocarbamate de sodium.

Si l'on fait l'hypothèse que les collecteurs sont fixés par le groupement  $\text{—N—C=S}$  sur le minéral et perpendiculairement  $\searrow \text{S}$

à la surface de celui-ci, la surface occupée par une molécule de dialcoyldithiocarbamate est de  $28 \text{ \AA}^2$ .

La surface  $\Gamma$  couverte par le dialcoyldithiocarbamate absorbé est donnée par:

$$\Gamma = \frac{28 \cdot 10^{-20} \times 6,02 \cdot 10^{23} \times \text{masse collecteur désorbé}}{\text{masse moléculaire du dithiocarbamate}}$$

Le taux de recouvrement est égal à:

$$\Theta = \frac{\Gamma}{\text{masse du minéral} \times \text{surface spécifique}}$$

Nous avons supposé que l'adsorption s'effectue en couche mono-moléculaire.

#### 5. RÉSULTATS

##### 5.1. Etude des minéraux purs

##### 5.1.1. Flottation

Les résultats expérimentaux (*tableau I*) montrent qu'à l'exception du diméthyldithiocarbamate de sodium, les dialcoyldi-

thiocarbamates de la série collectent par flottation les minerais secondaires de cuivre et de cobalt étudiés.

Des essais réalisés à des concentrations en diméthylthiocarbamates variant de 10 à 500 mg/l n'ont conduit à aucune flottation. Toutefois, l'examen du spectre ultra-violet du collecteur désorbé de la surface de l'échantillon prouve que le diméthylthiocarbamate de cuivre se forme instantanément au cours du conditionnement. Cependant les deux groupements méthyle ne confèrent pas au collecteur une hydrophobicité suffisante pour permettre aux grains de minerais conditionnés de s'attacher aux bulles d'air.

L'accroissement de la longueur de la chaîne hydrocarbonée influence différemment la flottation de chaque minéral. Les dithiocarbamates de la série se rangent suivant un certain ordre d'efficacité pour une concentration donnée en collecteur et pour une granularité déterminée.

Une concentration plus élevée en collecteur diminue le rendement de la flottation. Cet effet dépressif est observé également avec les xanthates.

#### 5.1.2. Adsorption

Dans tous les cas, dès le contact entre la solution de collecteur et le minéral, la surface de ce dernier change instantanément de couleur. Ceci est l'indice d'une adsorption très rapide.

TABLEAU I. — Flottation de minéraux purs.

DIETHYLDITHIOCARBAMATE Na  
Hétérogénite pure 270-400 Mailles

Concentration (mg/l)	5	10	15	20	30
Durée de la flottation (min.)	Rendement de la flottation (%)				
0.5	0.5	1.5	6.2	10.8	41.0
1	0.8	3.7	15.8	30.7	69.6
2	1.3	7.4	32.2	57.4	89.5
3	1.7	9.8	40.8	69.2	93.3
5	2.5	13.3	48.2	78.8	95.2

Chrysocolle pur 270-400 Mailles

Concentration (mg/l)	5	10	15	20	50
Durée de la flottation (min.)	Rendement de la flottation (%)				
0.5	0.7	1.1	0.7	5.8	6.2
1	1.4	2.4	2.4	9.3	10.6
2	4.3	7.1	7.5	15.3	16.2
3	8.4	12.7	14.0	20.7	21.3
5	17.0	24.5	26.1	30.5	30.0

Pseudomalachite pure 270-400 Mailles

Concentration (mg/l)	5	10	20	50	100
Durée de la flottation (min.)	Rendement de la flottation (%)				
0.5	0.2	0.1	0.6	2.1	2.0
1	0.3	0.4	2.0	5.3	4.5
2	0.6	1.3	4.8	10.1	10.3
3	1.0	2.4	7.8	14.8	15.7
5	1.7	4.1	13.4	20.8	23.8

DIPROPYLDITHIOCARBAMATE Na  
Chrysocolle < 400 Mailles

Concentration (mg/l)	2	5	10	20
Durée de la flottation (min.)	Rendement de la flottation (%)			
0.5	5.6	10.1	5.3	6.1
1	11.1	19.9	10.9	10.6
2	18.7	37.8	21.9	18.5
3	24.1	53.8	30.2	25.0
5	30.9	74.4	44.6	35.1



DIBUTYLDITHIOCARBAMATE Na  
Chrysocolle < 400 Mailles

Concentration (mg/l)	1	2	5
Durée de la flottation (min.)	Rendement de la flottation (%)		
0.5	4.7	8.0	14.4
1	8.9	17.3	26.0
2	15.8	28.6	48.1
3	21.1	37.5	64.2
5	29.4	49.6	80.4

Pseudomalachite < 400 Mailles

Concentration (mg/l)	2	5	10
Durée de la flottation (min.)	Rendement de la flottation (%)		
0.5	1.0	2.3	2.2
1	1.7	4.3	4.3
2	3.2	8.7	9.4
3	4.6	13.3	17.2
5	8.6	21.5	30.9

Hétérogénite < 400 Mailles

Concentration (mg/l)	1	5	10
Durée de la flottation (min.)	Rendement de la flottation (%)		
0.5	0.9	2.9	3.8
1	1.4	5.2	7.3
2	2.6	9.6	14.3
3	4.3	13.6	21.4
5	9.2	20.9	31.6

DIPENTYLDITHIOCARBAMATE Na  
Chrysocolle pur < 400 Mailles

Concentration (mg/l)	1	2	5	10
Durée de la flottation (min.)	Rendement de la flottation (%)			
0.5	6.5	9.2	10.5	8.8
1	12.8	19.1	20.4	16.9
2	22.5	34.8	38.4	31.8
3	29.1	44.0	54.7	46.7
5	38.2	54.7	72.7	68.9

DIHEXYLDITHIOCARBAMATE Na  
Chrysocolle pur < 400 Mailles

Concentration (mg/l)	1	2	5	10
Durée de la flottation (min.)	Rendement de la flottation (%)			
0.5	1.7	7.4	13.2	16.3
1	2.7	12.9	25.2	37.4
2	4.2	20.4	41.1	68.2
3	5.6	25.5	50.3	79.8
5	7.7	32.3	60.7	88.7

Pseudomalachite < 400 Mailles

Concentration (mg/l)	2	5	10
Durée de la flottation (min.)	Rendement de la flottation (%)		
0.5	3.1	4.5	6.8
1	5.8	11.8	15.6
2	9.4	26.3	29.9
3	11.5	32.1	35.9
5	15.3	36.9	40.8

La spectroscopie infra-rouge, visible (changement de coloration) et ultra-violettes a mis en évidence la formation d'un complexe de cuivre et de cobalt à la surface du minéral.

La détermination du taux d'épuisement de la solution collectrice a montré une consommation importante de réactif collecteur (*tableau II*). Cette adsorption tend à se stabiliser à une valeur maximale qu'on ne dépasse en aucun cas.

TABLEAU II. — Influence du volume de la solution mise en œuvre  
1 g de chrysocolle < 400 Mailles est conditionné pendant 4 minutes par un volume variable de solution de diéthylthiocarbamate de sodium à 27 mg/l.

Volume de la solution (ml)	% consommé	Quantité consommée (mg/l)
25	100	0,68
50	100	1,35
100	99,8	2,7
250	99,0	6,7
500	94,2	12,7
750	62,6	12,6
1000	44,9	12,2

Mais par cette méthode indirecte, on ne peut atteindre qu'une valeur moyenne de l'adsorption. Il est en effet impossible de discerner l'adsorption sur les grains flottés de celle sur les grains non flottés.

La mesure du taux de recouvrement dans le cas de l'hétérogénite (*tableau III*) collectée par le diéthylthiocarbamate de sodium révèle que  $\Theta$  varie dans une large gamme.

Les résultats montrent qu'une valeur unitaire du taux de recouvrement paraît nécessaire pour observer un rendement de flottation appréciable.

Sur le plan pratique, cette conclusion signifie qu'une grande quantité de collecteur est consommée par les particules de minéral lors de leur flottation.

TABLEAU III. — Etude du taux de recouvrement  $\Theta$   
Hétérogénite < 400 Mailles — Rendement après 5 minutes  
F = Fraction flottée — NF = Fraction non flottée

Concentration mg/l	Rendement	Quantité adsorbée g/g mineral		$\Theta$	
		F	NF	F	NF
10	4,0	1,24 $10^{-4}$		0,0037	
25	5,1	4,70 $10^{-4}$	1,00 $10^{-5}$	0,0142	0,0003
50	6,9	11,1 $10^{-4}$	4,04 $10^{-5}$	0,0374	0,0012
75	7,9	16,3 $10^{-4}$	5,70 $10^{-5}$	0,0497	0,0017
100	8,1	34,8 $10^{-4}$	28,1 $10^{-5}$	0,106	0,0085
250	16,0	76,6 $10^{-4}$	473 $10^{-5}$	0,233	0,144
500	24,3	195 $10^{-4}$	915 $10^{-5}$	0,592	0,278
750	37,2	266 $10^{-4}$	190 $10^{-4}$	0,809	0,578
1000	40,2	316 $10^{-4}$	219 $10^{-4}$	0,960	0,665
1500	52,5	371 $10^{-4}$	242 $10^{-4}$	1,128	0,735
2000	67,1	370 $10^{-4}$	256 $10^{-4}$	1,125	0,777
2500	84,2	362 $10^{-4}$	196 $10^{-4}$	1,100	0,595
3000	89,1	367 $10^{-4}$	149 $10^{-4}$	1,116	0,453

## 5.2. Etude des gangues

### 5.2.1. Flottation et adsorption

La flottation des gangues schisto-dolomitiques est faible en présence des dialcoyldithiocarbamates de sodium à chaînes courtes, elle devient plus importante pour les collecteurs à chaînes plus longues et surtout à concentration élevée. Les causes de la flottation des gangues peuvent être vraisemblablement attribuées au caractère moussant des réactifs à chaînes longues et pour, une faible part, à la présence dans cette dernière de petites quantités de composés de métaux lourds.

### 5.2.2. Composition des gangues

L'analyse à la microsonde de quelques échantillons de gangues a montré la présence en faible quantité d'impuretés, telles que le fer, chrome, titane, vanadium, phosphore, soufre, etc., éventuellement susceptibles de former des complexes insolubles avec les dialcoyldithiocarbamates de sodium [6].

Le dosage par spectroscopie ultra-violette de la solution collectrice après conditionnement des gangues indique une faible consommation de réactif collecteur (de l'ordre du %).

TABLEAU IV  
Gangue SD (< 400 Mailles)  
Consommation du collecteur  
100 ml de collecteur par essai

Collecteur R =	Concentration (mole/l)			
	Avant		Après	
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	0,131	10 <sup>-3</sup>	0,130	10 <sup>-3</sup>
n-C <sub>3</sub> H <sub>7</sub>	0,149	10 <sup>-3</sup>	0,148	10 <sup>-3</sup>
n-C <sub>4</sub> H <sub>9</sub>	0,136	10 <sup>-3</sup>	0,134	10 <sup>-3</sup>

Il est probable que cette fraction de réactif fixé sur les gangues soit consommée par les impuretés contenues dans celles-ci, la désorption à l'acétone donnant un extrait coloré dont le spectre ultra-violet est du même type que celui des dialcoyldithiocarbamates de cuivre.

Pour inhiber l'adsorption du collecteur sur les gangues et par conséquent la flottation de celles-ci, nous avons tenté de bloquer les sites actifs des gangues par l'action préalable d'une substance susceptible de complexer les impuretés sans provoquer la flottation des gangues.

Différentes formes d'action déprimante ont été envisagées:

a) Le diméthylldithiocarbamate de sodium réagit à la surface des gangues en formant des complexes insolubles peu hydrophobes qui ne favorisent pas la flottation des particules minérales.

b) Par contre, l'EDTA rend la surface de la gangue hydrophile en formant un complexe de surface soluble avec les nombreux ions présents dans la pulpe.

Dans les deux cas, le rendement de la flottation diminue sans toutefois tendre vers zéro (*tableau V*). Le silicate de soude reste sans action.

### 5.2.3. Pouvoir moussant du collecteur

Le pouvoir moussant d'un collecteur augmente avec la longueur de la chaîne hydrocarbonée et entraîne une diminution de

TABLEAU V. — Influence déprimante du diméthylldithiocarbamate de sodium (DMDtC Na) et de l'EDTA  
Gangue SD < 400 Mailles

Conditionnement de 4 minutes par 50 ml d'agent déprimant et 4 minutes par 50 ml de dicyclohexyldithiocarbamate de sodium. Rendement après 5 minutes.

Concentration en DMDtC Na (mg/l)	Rendement (%)	Concentration en EDTA (mg/l)	Rendement (%)
0	29,9	0	29,9
1	21,3	10	20,3
5	19,7	30	16,9
10	20,2	50	16,7
25	19,7	100	16,8
50	19,5		

la sélectivité. L'influence sur la flottation des gangues par des dialcoyldithiocarbamates de sodium à chaînes plus longues a été mise en évidence au moyen de poudres inertes telles que le carbonate de calcium et le quartz de pureté analytique.

Les résultats du *tableau VI* montrent que le quartz flotte en présence de dicyclohexyldithiocarbamate de sodium, et pourtant, il ne comporte aucun élément susceptible de réagir avec les dialcoyldithiocarbamates de sodium.

La collection des grains de quartz semble due à une dispersion beaucoup plus grande des bulles d'air; cet effet se fait d'autant plus sentir que les particules sont petites.

TABLEAU VI. — Influence de la granularité sur la flottation du quartz  
Quartz conditionné par 100 ml d'une solution de dicyclohexyldithiocarbamate de sodium (250 mg/l). Rendement après 5 min.

Fractions granulométriques	Rendement
< 400 Mailles	28,7 %
270-400 Mailles	24,9 %
200-270 Mailles	24,3 %
100-200 Mailles	11,3 %
70-100 Mailles	1,6 %
35- 70 Mailles	1,0 %

Cet entraînement mécanique augmente avec la longueur de la chaîne hydrocarbonée et avec la concentration du collecteur.

Les agents déprimants ne modifient pas la flottation du quartz. Le *tableau VII* rassemble les résultats d'essais relatifs au diméthylthiocarbamate de sodium (DMDtC Na).

TABLEAU VII. — Influence d'agents déprimants sur la flottation du quartz (400 Mailles) par le dicyclobexyldithiodicarbamate de sodium (DCHDtC Na)  
Rendement après 5 min.

Réactifs	Rendement
eau	2,8 %
100 ml DMDtC Na (5 mg/l)	3,0 %
100 ml DCHDtC Na (100 mg/l)	11,9 %
100 ml DMDtC Na (100 mg/l)	12,3 %
100 ml DCHDtC Na (100 mg/l)	
100 ml EDTA (15 mg/l)	11,7 %
100 ml DCHDtC Na (100 mg/l)	

L'ensemble des résultats des *tableaux VI et VII* montrent que la flottation du quartz est bien due à un effet moussant et non pas à une adsorption physique des dialcoyldithiocarbamates.

### 5.3. Etude de minerais

#### 5.3.1. Mélanges artificiels

Dans les mélanges artificiels de minéraux et de gangues, on constate que ces dernières ont tendance à flotter mieux que si elles sont isolées, surtout quand la concentration en collecteur est élevée (*tableau VIII*).

Peut-être se produit-il dans ce cas une floculation non sélective qui entraîne les gangues dans le concentré. La flottabilité accrue des gangues pourrait également être due à l'adsorption d'ions cuivre, cobalt ou d'autres métaux lourds.

Pour les collecteurs à chaînes plus longues, on assiste à une diminution de la sélectivité du collecteur. Un compromis est nécessaire entre le rendement maximum de la flottation et la sélectivité du collecteur.

TABLEAU VIII. — Flottation de mélanges artificiels et de minerais naturels.

DIPROPYLDITHIOCARBAMATE Na

Mélange artificiel

Chrysocolle &lt; 400 M + S-D &lt; 400 Mailles

Concentration (mg/l)	2			5			10		
Durée de la flottation (min.)	Rdt Gangue	Rdt Cu	% Cu Récupéré	Rdt Gangue	Rdt Cu	% Cu Récupéré	Rdt Gangue	Rdt Cu	% Cu Récupéré
0.5	1.3	24.8	23.68	1.1	26.4	25.00	0.9	25.8	27.27
1	2.9	47.2	22.13	2.1	41.4	22.77	1.8	37.1	23.63
2	6.0	72.1	19.33	4.1	56.7	19.47	3.8	49.8	19.28
3	8.4	83.1	17.40	6.1	64.4	16.75	6.0	56.7	16.22
5	12.5	91.7	14.56	11.2	72.8	12.41	9.3	63.6	13.20

Minéral naturel de chrysocolle &lt; 400 Mailles

Concentration (mg/l)	2			5		
Durée de la flottation (min.)	Rdt Gangue	Rdt Cu	% Cu Récupéré	Rdt Gangue	Rdt Cu	% Cu Récupéré
0.5	6.3	14.9	14.34	3.4	16.8	21.43
1	12.3	26.6	13.47	6.8	29.0	19.93
2	22.9	44.6	12.58	13.0	46.3	18.08
3	33.1	58.6	11.78	18.8	57.4	16.60
5	43.5	68.6	10.83	27.5	69.6	14.84



DIBUTYLDITHIOCARBAMATE DE Na  
Mélange artificiel  
Chrysocolle < 400 M + S-D < 400 Mailles

Concentration (mg/l)	5			10			20		
Durée de la flottation (min.)	Rdt Gangue	Rdt Cu	% Cu Récupéré	Rdt Gangue	Rdt Cu	% Cu Récupéré	Rdt Gangue	Rdt Cu	% Cu Récupéré
0.5	1.0	30.6	28.19	2.3	29.5	20.87	7.0	35.5	10.68
1	2.1	43.7	24.95	7.7	42.6	12.84	15.7	52.0	7.64
2	4.5	57.6	20.20	16.4	55.1	8.94	28.4	65.6	5.68
3	6.4	64.3	17.76	19.6	59.5	8.27	32.7	69.5	5.28
5	10.8	71.4	13.84	23.1	64.1	7.68	35.6	72.8	5.11

Minéral naturel de chrysocolle < 400 Mailles

Concentration (mg/l)	5			10			20		
Durée de la flottation (min.)	Rdt Gangue	Rdt Cu	% Cu Récupéré	Rdt Gangue	Rdt Cu	% Cu Récupéré	Rdt Gangue	Rdt Cu	% Cu Récupéré
0.5	2.3	14.5	23.69	2.8	28.7	28.18	3.5	33.7	27.23
1	4.7	27.3	23.09	5.3	41.2	25.65	6.7	44.5	23.92
2	8.9	45.9	21.96	10.1	54.5	22.24	11.8	54.4	20.31
3	12.9	57.7	20.55	14.2	60.7	19.94	16.1	59.6	18.22
5	20.4	70.9	18.06	19.7	67.0	17.72	22.1	65.4	16.05

DIPENTYLDITHIOCARBAMATE Na  
Minéral naturel de chrysocolle < 400 Mailles

Concentration (mg/l)	2			5			10		
Durée de la flottation (min.)	Rdt Gangue	Rdt Cu	% Cu Récupéré	Rdt Gangue	Rdt Cu	% Cu Récupéré	Rdt Gangue	Rdt Cu	% Cu Récupéré
0.5	8.1	16.0	12.93	5.7	24.8	20.22	4.9	29.3	22.95
1	15.4	27.9	12.27	10.7	41.4	19.03	10.9	45.3	19.49
2	27.5	46.7	11.75	20.6	64.5	16.93	20.1	62.2	16.55
3	36.4	58.1	11.22	29.1	77.4	15.39	26.9	70.4	15.00
5	47.2	70.1	10.66	40.9	89.3	13.60	35.6	78.6	13.46

DIHEXYLDITHIOCARBAMATE Na  
Minéral naturel de chrysocolle < 400 Mailles

Concentration (mg/l)	2			5			10		
Durée de la flottation (min.)	Rdt Gangue	Rdt Cu	% Cu Récupéré	Rdt Gangue	Rdt Cu	% Cu Récupéré	Rdt Gangue	Rdt Cu	% Cu Récupéré
0.5	9.7	16.5	11.52	13.4	32.4	14.79	16.3	36.9	15.53
1	17.8	28.0	10.92	26.7	55.0	13.34	35.4	64.5	13.54
2	26.7	42.5	10.46	44.7	77.3	11.83	57.9	83.3	11.51
3	34.6	50.4	10.31	55.0	86.2	11.04	68.3	90.2	10.84
5	42.0	59.1	10.06	65.1	92.9	10.31	74.9	94.6	10.49

### 5.3.2. Minerais naturels

La perte de sélectivité est encore plus grande lors de la concentration des minerais naturels (*tableau VIII*). Cette détérioration supplémentaire est probablement due à ce que les particules résultant du broyage ne sont pas soit des grains de minéral, soit des grains de gangue mais que beaucoup d'entre elles sont des grains mixtes dont la flottation accroît la récupération des gangues par rapport aux mélanges artificiels et, par conséquent, diminue d'autant la sélectivité.

Les meilleures conditions de dépression de la gangue ont été appliquées à la flottation des minerais naturels (*tableau IX*).

*TABEAU IX. — Flottation de minerais naturels par le dicyclohexyldithiocarbamate de sodium (DCHDtC Na) - Action du diméthyldithiocarbamate de sodium (DMDtC Na).*

$R_{Cu}$  et  $R_G$  = Rendement après 5 minutes pour le cuivre et pour la gangue.

Réactif collecteur	Gangue SD	Chrysocolle (mineral) < 400 Mailles		Pseudomalachite (mineral) < 400 Mailles	
		$R_{Cu}$	$R_G$	$R_{Cu}$	$R_G$
50 ml DCHDtC Na (200 mg/l)	29,9 %	87,5 %	49,9 %	62,9 %	48,5 %
50 ml DMDtC Na (1-100 mg/l)		environ 3 %			
50 ml DMDtC Na (10 mg/l)	19,7 %	91,7 %	60,1 %	75,8 %	59,8 %
50 ml DCHDtC Na (200 mg/l)					

Le diméthyldithiocarbamate de sodium ne déprime pas la flottation des gangues dans les minerais naturels, il renforce plutôt le pouvoir collecteur du dicyclohexyldithiocarbamate de sodium vis-à-vis de la gangue.

Le mécanisme de renforcement de la flottation des gangues pourrait faire intervenir une coadsorption de ces deux réactifs au niveau des atomes de cuivre structuraux, ou adsorbés à la surface.

L'action de l'EDTA a été étudiée de la manière suivante: Les minerais sont conditionnés par 50 ml d'une solution de EDTA puis par 50 ml d'une solution de dicyclohexyldithiocarbamate de sodium (200 mg/l).

Les résultats font l'objet du *tableau X*.

TABLEAU X. — Flottation d'un minerai de chrysocolle par le dicyclohexyldithiocarbamate de sodium. Action de l'EDTA.

Rendement après 5 min. pour le cuivre et pour la gangue. ( $R_{Cu}$  et  $R_G$ ).

Concentration EDTA (mg/l)	Gangue SD	Chrysocolle (minerai) < 400 Mailles	
		$R_{Cu}$	$R_G$
0	29,9 %	87,5 %	49,9 %
10	20,3 %	83,8 %	44,7 %
30	16,9 %	81,2 %	44,7 %
40		74,2 %	35,4 %
50	16,7 %	69,7 %	25,1 %
60		66,4 %	17,5 %
100	16,8 %	51,5 %	13,1 %
200		22,3 %	12,6 %
1000		15,0 %	8,9 %

L'EDTA diminue la flottation de la gangue dans les minerais naturels mais il affecte la récupération du cuivre. Un compromis est nécessaire entre ces deux effets pour obtenir un enrichissement maximum.

## 6. CONCLUSION

Conformément à ce que suggère la chimie, les diacyldithiocarbamates présentent des propriétés collectrices vis-à-vis des minerais de cuivre.

Néanmoins, leur utilisation industrielle nécessiterait la maîtrise de propriétés secondaires, moussantes notamment, qui influencent de façon importante le phénomène complexe de la flottation.

29 mars 1974.

## 7. BIBIOGRAPHIE

- [1] BRINKHOFF, H.-C. et GROTEUS, A.-M.: *Rec. Trav. Chim.* 111, 252 (1971).
- [2] COUCOUVANIS, D.: The Chemistry of the dithioacid and 1, 1-Dithiolate Complexes (progress in inorganic chemistry, volume 11).
- [3] DELEPINE, M.: *Bull. Soc. Chim.*, France (4), 3, 641 (1908).
- [4] FIERENS, P. et LAMBIN, G.: Ac. des Sc. d'Outre-Mer, *Bull. des séances*, 3, 562, (1971).
- [5] KOCH, H.P.,: J. Chem. Soc., 401 (1949).
- [6] VON BRAUN, J.: Chem. Ber., 35, 817 (1902).

**F. Cambier, H. Clara, P. Fierens et G. Lambin \* —  
Propriétés collectrices et adsorption, sur la  
malachite et la cassitérite, d'esters d'acides  
sulfopolycarboxyliques**

RÉSUMÉ

Des esters d'acides sulfopolycarboxyliques ont été utilisés comme collecteur de flottation de la malachite et de la cassitérite.

Une étude comparative des propriétés collectrices et de l'adsorption de ces réactifs a été réalisée. Elle a permis de mettre en évidence l'influence opposée du pouvoir hydrophobe des chaînes hydrocarbonées et du nombre de fonctions carboxyliques libres. Ce dernier varie dans le même sens que le degré d'adsorption.

En ce qui concerne le granularité des minerais, on retrouve les mêmes effets opposés; les réactifs à courtes chaînes collectent mieux les fines particules tandis que les particules grenues sont mieux flottées par les réactifs à longues chaînes.

\* \* \*

SAMENVATTING

De esters van sulfopolycarboxylzuren werden gebruikt als collectoren voor de flotatie van malachiet en cassiteriet.

Een vergelijkende studie van de eigenschappen voor wat betreft adsorptie en collectie van deze reagentia heeft ons toegelaten de invloed te belichten van het hydrophobe vermogen van gehydrocarbioneerde ketens en het tegengestelde effect afhangende van het aantal vrije carboxylgroepen. Dit laatste evolueert in dezelfde zin als de adsorptiegraad.

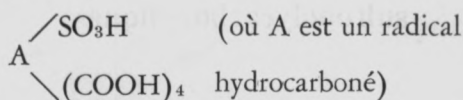
Wat betreft de granulometrie der mineralen, wij stelden dezelfde tegengestelde eigenschappen vast: de reagentia met korte ketens collecteren beter de fijnere fractie's terwijl de reagentia met langer ketens dit beter doen met de grovere deeltjes.

---

\* Université de l'Etat à Mons, Service de Science des Matériaux.

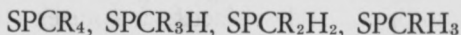
## 1. INTRODUCTION

Récemment, PANOU [6] \* a procédé à l'étude d'une nouvelle famille de collecteurs constitués par des esters d'acides sulfo-polycarboxyliques. Le mélange de ces acides qui correspond à la formule moyenne:



provient de la pyrolyse du citrate tricalcique hydraté [7]. Les fonctions carboxyles peuvent être estérifiées par divers alcools.

A la suite d'une étude préliminaire (voir § 3.3), nous sommes proposé d'étendre cette recherche en estérifiant le mélange d'acides de base par des alcools supérieurs dont les chaînes hydrocarbonées, plus hydrophobes que celles utilisées précédemment, contribuent à augmenter le pouvoir collecteur. Les esters étudiés dans ce travail appartiennent aux quatre familles que l'on peut symboliser de la manière suivante:



où SPC signifie « sulfopolycarboxylique », R représente le radical hydrocarboné de la fonction ester et H figure une fonction carboxylique libre. Il s'agit donc respectivement de tétra-, de tri-, de bi- et de monoesters.

Les différents collecteurs faisant l'objet de la présente étude sont représentés dans le *tableau I* où, pour des raisons de commodité, nous avons indiqué des symboles simplifiés qui seront utilisés dans la suite.

Nous avons examiné les propriétés collectrices de ces réactifs sur la malachite et la cassitérite (1) ainsi que leur adsorption sur les mêmes minéraux. Ceux-ci proviennent d'échantillons sélectionnés, broyés, tamisés et éventuellement débourbés sous eau distillée [2]. Les fractions granulométriques suivantes ont été préparées: pour la cassitérite 270 à 400 mailles et inférieure à 400 mailles, pour la malachite 100 à 200 mailles, 200 à 270

\* Les chiffres entre parenthèses renvoient à la bibliographie *in fine*.

(1) Les échantillons de ces minéraux nous ont été gracieusement fournis respectivement par Gécamines et Minetain.

TABLEAU I. — Collecteurs étudiés \*

Fonctions carboxyliques estérifiées par:	Formule simplifiée du collecteur
Famille SPCR <sub>4</sub>	
butanol 1 et octanol 1	SPC(C <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (C <sub>8</sub> ) <sub>2</sub>
butanol 1 et dodécanol 1	SPC(C <sub>4</sub> ) (C <sub>12</sub> ) <sub>3</sub>
butanol 1 et dodécanol 1	SPC(C <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (C <sub>12</sub> ) <sub>2</sub>
butanol 1 et hexadécanol 1	SPC(C <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (C <sub>16</sub> ) <sub>2</sub>
butanol 1 et octadécanol 1	SPC(C <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (C <sub>18</sub> ) <sub>2</sub>
butanol 1 et mélange de nonanol 1, décanol 1 et undécanol 1	SPC(C <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (C <sub>9</sub> à C <sub>11</sub> ) <sub>2</sub>
butanol 1 et mélange de dodécanol 1, tridécanol 1, tétradécanol 1 et penta- décanol 1	SPC(C <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (C <sub>12</sub> à C <sub>15</sub> ) <sub>2</sub>
octanol 1	SPC(C <sub>8</sub> ) <sub>4</sub>
2 éthyl-hexanol 1	SPC(C <sub>8</sub> ) <sub>4</sub>
décanol 1	SPC(C <sub>10</sub> ) <sub>4</sub>
dodécanol 1	SPC(C <sub>12</sub> ) <sub>4</sub>
mélange de dodécanol 1 et tridécanol 1	SPC(C <sub>12</sub> + C <sub>13</sub> ) <sub>4</sub>
Famille SPCR <sub>3</sub> H	
décanol 1	SPC(C <sub>10</sub> ) <sub>3</sub> H
dodécanol 1	SPC(C <sub>12</sub> ) <sub>3</sub> H
Famille SPCR <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	
dodécanol 1	SPC(C <sub>12</sub> ) <sub>2</sub> H <sub>2</sub>
mélange d'octanol 1 et décanol 1	SPC(C <sub>8</sub> + C <sub>10</sub> ) <sub>2</sub> H <sub>2</sub>
mélange de décanol 1 et dodécanol 1	SPC(C <sub>10</sub> + C <sub>12</sub> ) <sub>2</sub> H <sub>2</sub>
mélange de dodécanol 1, tridécanol 1, tétradécanol 1 et pentadécanol 1	SPC(C <sub>12</sub> à C <sub>15</sub> ) <sub>2</sub> H <sub>2</sub>
Famille SPCRH <sub>3</sub>	
dodécanol 1	SPC(C <sub>12</sub> ) H <sub>3</sub>
mélange de dodécanol 1, tridécanol 1, tétradécanol 1 et pentadécanol 1	SPC(C <sub>12</sub> à C <sub>15</sub> ) H <sub>3</sub>
mélange de hexadécanol 1 et octadé- canol 1	SPC(C <sub>16</sub> + C <sub>18</sub> ) H <sub>3</sub>

\* Ces réactifs nous ont été gracieusement fournis par U.C.B.



mailles, 270-400 mailles, 37 à 15 microns, 15 à 5 microns et inférieure à 6 microns.

## 2. MÉTHODES EXPÉRIMENTALES

### 2.1. *Flottation*

Les essais ont été menés dans une machine de laboratoire, décrite précédemment [3], particulièrement adaptée à l'étude cinétique de la flottation des fractions granulométriques fines.

2 g de minerai sont conditionnés pendant 4 minutes par une solution collectrice de concentration s'échelonnant de 0,1 à 10 mg/l. Le minerai flotté est entraîné par de l'eau et recueilli à divers intervalles de temps (0,5, 1, 2, 3, et 5 minutes). Les fractions flottées sont décantées, séchées et pesées. Les fines particules de malachite ( $< 400$  mailles) décantent difficilement. Dans ce cas, on les dissout dans l'acide chlorhydrique et dans, la solution obtenue, on dose le cuivre par spectrophotométrie d'absorption atomique (PERKIN-ELMER 303) (2).

### 2.2. *Adsorption*

#### 2.2.1. *Mesure de l'Adsorption*

Le dosage des collecteurs adsorbés a été effectué par chromatographie en phase gazeuse. Cependant, du fait de leur instabilité à la chaleur et de leur insuffisante volatilité, les esters ont été préalablement hydrolysés et, en réalité, on dose les alcools libérés. Le mode opératoire suivant a été utilisé.

La flottation est réalisée dans les conditions usuelles décrites ci-dessus. Les différentes fractions recueillies sont filtrées, rincées à l'eau distillée, séchées et pesées. Chacune d'elle (ou éventuellement un ensemble de fractions) est transférée dans un ballon de 10 ml surmonté d'un réfrigérant et on ajoute 1 ml de potasse alcoolique (80 % de méthanol) molaire par g de minerai. Le mélange est chauffé à reflux au bain-marie pendant une

---

(2) Conditions expérimentales du dosage:  $\lambda = 3247.5 \text{ \AA}$  - fente = 1 mm, 7  $\text{\AA}$  - flamme = air-acétylène - lampe à cathode creuse Cu, courant 30 mA.

heure. Des essais préalables ont montré que cette durée est largement suffisante pour que l'hydrolyse des esters soit complète. La solution surnageante est refroidie, séparée du minéral, partiellement neutralisée par de l'acide chlorhydrique concentré et injectée dans le chromatographe (HEWLETT-PACKARD 7620A). La séparation est effectuée par une colonne en acier inoxydable de  $6' \times 1/8''$  garnie de carbowax 20M à 10 % sur chromosorb W 80-100 mesh. La détection des produits est réalisée par un détecteur FID. Les réponses sont comparées à celles obtenues à l'aide de solutions standard préparées par hydrolyse d'une solution du collecteur étudié.

### 2.2.2. Mesure de la surface spécifique des minerais

La surface spécifique des différentes fractions granulométriques des minerais a été mesurée par la méthode B.E.T dynamique, à l'aide d'un sorptomètre Perkin-Elmer-Shell 212D modifié par nos soins [2]. Les résultats de ces mesures sont rassemblés dans le *tableau II*.

TABLEAU II. — Surface spécifique des fractions de malachite et de cassitérite.

Minéral	Etat de surface	Fraction granulométrique	Surface spécifique (m <sup>2</sup> /g)
Malachite	débourbé	30-65 mailles	0,21
	" " "	65-100 "	0,24
	" " "	100-200 "	0,34
	" " "	200-270 "	0,37
	" " "	270-400 "	0,44
	" " "	37-15 microns	0,78
	" " "	15-5 microns	1,07
	" " "	<6 "	2,86
	non débourbé	37-15 "	1,12
Cassitérite	" " "	15-5 "	1,27
	débourbé	270-400 mailles	0,063
	" " "	<400 "	0,35
	non débourbé	270-400 "	0,23

On remarque que le débourbage a pour effet de diminuer notablement la surface spécifique et que cette dernière est très différente pour une même fraction granulométrique (270-400 mailles) de malachite ou de cassitérite.

### 3. RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

#### 3.1. *Mesure des paramètres de flottation*

La vitesse de flottation, c'est-à-dire la variation du rendement  $r$  en fonction de la durée de la flottation, est élevée pour les particules grenues et faible pour les plus fines. La flottation commence en manifestant une vitesse constante, qui tend ensuite progressivement vers zéro. A ce moment le rendement atteint sa valeur maximum.

Dans le cas des fractions fines, la vitesse étant petite, le minerai flottable s'épuise lentement et le rendement maximum n'est atteint qu'après des durées parfois très longues. Par contre, dans le cas des particules grenues la vitesse est grande et difficile à déterminer avec précision.

Pour ces raisons, deux paramètres ont été mesurés: le rendement  $r_5$  après 5 minutes de flottation (en %) et la vitesse initiale  $V_1$  de flottation (en %/min). L'un ou l'autre caractérise plus sûrement la flottabilité selon la fraction granulométrique envisagée.

#### 3.2. *Mesure des paramètres d'adsorption*

La technique chromatographique utilisée permet la détermination de la quantité de collecteur  $Q$  adsorbé par gramme de minerai.

La grandeur qu'il importe de connaître est le taux de recouvrement de la surface du minerai par le collecteur.

Ne connaissant pas la surface occupée par une molécule de collecteur, nous avons calculé la quantité adsorbée par unité de surface du minerai  $Q_s$  qui, si l'on admet que la couche adsorbée est monomoléculaire, est directement proportionnelle au taux de recouvrement.

#### 3.3. *Essais préliminaires*

Notre étude a été menée par étapes successives.

En premier lieu, des essais ont été consacrés au  $\text{SPC}(\text{C}_4)_2$  ( $\text{C}_{12}$ )<sub>2</sub> étudié précédemment par PANOU.

Nous avons ensuite modifié la structure des agents collecteurs de manière à renforcer au maximum leur pouvoir collecteur.

Les essais ont clairement démontré (*tableau III*) l'effet nocif des chaînes courtes ( $C_4$  par exemple). Ils ont mis l'accent sur l'intérêt de réaliser une étude exhaustive de cette famille de réactifs. Il est en effet impossible, *a priori*, comme le démontre ce travail, de déterminer quel est le collecteur possédant les propriétés optima requises pour une fraction granulométrique donnée d'un type de minéral.

TABLEAU III. — *Vitesse initiale de flottation de la cassitérite*  
*Conditions expérimentales:*

— fraction granulométrique 270/400 mailles

— concentration du collecteur: 0,25 mg/l

Collecteur	Vitesse initiale de flottation $V_i$
SPC( $C_4$ ) <sub>2</sub> ( $C_8$ ) <sub>2</sub>	43
SPC( $C_4$ ) <sub>2</sub> ( $C_{12}$ ) <sub>2</sub> *	44
SPC( $C_4$ ) <sub>2</sub> ( $C_{16}$ ) <sub>2</sub>	68
SPC( $C_4$ ) <sub>1</sub> ( $C_{12}$ ) <sub>3</sub>	62
SPC( $C_{12}$ ) <sub>4</sub>	160
SPC( $C_{12}$ ) <sub>3</sub> H	188

\* Ce collecteur a été utilisé par PANOU sous le nom de citrex N° 1.

### 3.4. Présentation des résultats

L'ensemble des essais est repris dans les *tableaux IV* et *V*. Ils regroupent les résultats de flottation ( $V_i$  et  $r_5$ ) et d'adsorption ( $Q$  et  $Q_8$ ) pour diverses concentrations des collecteurs.

Tous les réactifs en notre possession ont été testés sur une seule fraction granulométrique de cassitérite (270-400 mailles).

Par contre, pour la malachite, nous avons étudié de façon plus approfondie une famille particulière (SPC $R_4$ ) et l'influence de la granularité du minéral.

TABLEAU IV. — Flottation de diverses fractions granulométriques de malachite débourbées

C = concentration du collecteur (mg/l)

V<sub>i</sub> = vitesse initiale de flottation (%/minute)

r<sub>s</sub> = rendement après 5 minutes (%)

Q = poids du collecteur absorbé par gramme de malachite (mg/g)

Q<sub>s</sub> = poids du collecteur absorbé par unité de surface de malachite (mg/m<sup>2</sup>)

Fraction granulométrique	C	V <sub>i</sub>	r <sub>s</sub>	Q	Q <sub>s</sub>
Collecteur SPC(C's) <sub>4</sub>					
65-100 Mailles	1,0	—	—	0,0083	0,034
100-200 Mailles	0,1	0,4	0,5	0,022	0,064
	0,2	48	20,3		
	0,4	105	59,1		
	0,5	140	65,0		
	0,75	240	79,9		
	1,0	360	95,8		
200-270 Mailles	0,1	2,6	2,6	0,024	0,066
	0,2	14	12,2		
	0,5	70	47,0		
	0,75	200	91,1		
	1,0	400	99,5		
270-400 Mailles	0,1	3,8	5,1	0,024	0,055
	0,2	21	32,2		
	0,4	55	51,6		
	0,5	90	64,8		
	0,75	160	86,0		
	1,0	280	88,0		
37-15 Microns	0,1	3	21,8	0,027	0,035
	0,2	7,5	25,7		
	0,5	26	52,4		
	0,75	36	59,5		
	1,0	74	83,3		
	2,0	180	97,7		
15-5 Microns	0,1	7	47,1	0,030	0,028
	0,2	11	47,8		
	0,5	18	54,8		
	1,0	32	76,6		
	2,0	63	92,2		
	5,0	99	99,3		

Fraction granulométrique	C	V <sub>i</sub>	r <sub>5</sub>	Q	Q <sub>s</sub>
<6 Microns	0,1 0,2 0,5 1,0 2,0 5,0 10,0	4 7 9 12 17 25 36	46,6 42,2 51,2 51,9 67,0 75,7 86,7	0,027	0,009

Collecteur SPC(C<sub>8</sub>)<sub>4</sub>

270-400 Mailles	0,2 0,4 0,5 0,75 1,0	2,3 9,8 25 92 250	3,3 16,4 36,1 82,1 99,5	0,025	0,058
37-15 Microns	0,2 0,5 0,75 1,0 2,0	2 12 30 81 145	9,1 31,7 50,6 86,4 97,1	0,029	0,037
15-5 Microns	0,2 0,5 0,75 1,0 2,0 5,0	10 15 22 35 48 100	33,3 48,0 67,0 83,1 92,0 98,4	0,033	0,031
<6 Microns	1,0 2,0 5,0 10,0	9 13 26 31	47,1 59,0 75,7 81,5	0,039	0,014

Collecteur SPC(C<sub>10</sub>)<sub>4</sub>

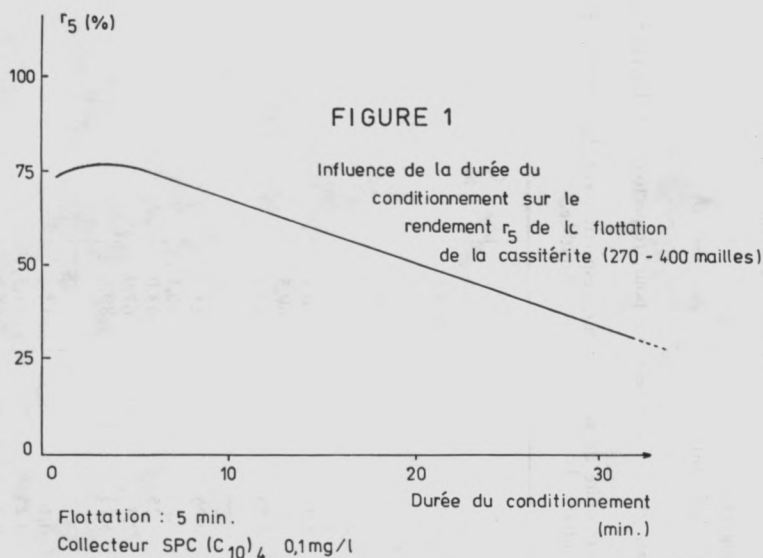
270-400 Mailles	0,1 0,2 0,4 0,5 1,0	17 47 85 110 220	25,6 59,1 77,0 86,6 99,0	0,039	0,090
37-15 Microns	0,1 0,5 1 2	7 49 115 220	34,3 79,4 91,5 96,3	0,042	0,055

Fraction granulométrique	C	V <sub>i</sub>	r <sub>s</sub>	Q	Q <sub>s</sub>
15-5 Microns	0,1 0,5 0,75 1,0 2,0 5,0	9 27 29 38 55 93	48,4 75,5 82,5 85,2 92,7 94,8	0,054	0,051
<6 Microns	0,1 0,5 1,0 2,0 5,0 10,0	2 4,5 8 11 19 26	37,4 36,4 51,7 48,5 65,9 77,4	0,065	0,023
Collecteur SPC(C <sub>12</sub> ) <sub>4</sub>					
270-400 Mailles	0,2 0,4 0,5 0,75 1,0	2,6 70 115 160 280	4,5 65,9 91,0 93,9 98,5	0,044	0,099
37-15 Microns	0,2 0,4 0,5 0,75 1,0 2,0	5 21 31 65 106 280	18,8 51,4 66,9 81,2 86,5 95,4	0,052	0,067
15-5 Microns	0,2 0,5 1,0 2,0 5,0	9 20 25 39 85	44,7 61,2 74,0 88,3 95,9	0,067	0,063
<6 Microns	1,0 2,0 5,0 10,0	4 8 18 20	44,8 55,2 73,7 75,5	0,064	0,022

## 4. DISCUSSION DES RÉSULTATS

### 4.1. Etude du conditionnement

Tant pour la cassitérite (*fig. 1*) que pour la malachite [1], le conditionnement présente une efficacité maximum après environ 4 minutes.



Un traitement trop prolongé affecte défavorablement la flottation. *A priori*, ce phénomène pourrait s'expliquer par l'adsorption de molécules de collecteur dont la partie hydrophile serait dirigée vers l'extérieur. Mais alors une concentration élevée en collecteur devrait provoquer le même effet néfaste. Nous n'avons pas constaté ce fait pourtant signalé dans la littérature pour d'autres réactifs [5].

Il est probable que la diminution de la flottabilité des grains trop longtemps conditionnés soit le résultat d'un autobroyage du minerai, qui réduit le bénéfice du prétraitement en produisant des particules ultrafines.



TABLEAU V. — Flottation de la fraction 270-400 mailles de cassitérite

C = concentration du collecteur (mg/l)

V<sub>i</sub> = vitesse initiale de flottation (%/minute)

r<sub>5</sub> = rendement après 5 minutes (%)

Q<sub>F</sub> et Q<sub>NF</sub> = poids du collecteur adsorbé par gramme de cassitérite pour, respectivement, les fractions flottées et non flottées (mg/g)

Q<sub>sF</sub> et Q<sub>sNF</sub> = poids du collecteur adsorbé par unité de surface pour, respectivement, les fractions flottées et non flottées (mg/m<sup>2</sup>). Sauf avis contraire, la cassitérite a été débourbée.

Collecteur	C	V <sub>i</sub>	r <sub>5</sub>	Q <sub>F</sub>	Q <sub>NF</sub>	Q <sub>sF</sub>	Q <sub>sNF</sub>
Famille SPCRH <sub>3</sub>							
SPC(C <sub>12</sub> ) H <sub>3</sub>	0,25	8	11,9				
	0,5	15	18,3				
	1	25	36,1				
	1,25	31	39,1				
	2,5	57	69,3				
	3,75	97	90,2				
SPC(C <sub>12</sub> à C <sub>15</sub> ) H <sub>3</sub>	0,25	15	11,2				
	0,5	26	26,1				
	1,25	50	43,0				
	2,5	104	67,9				
	3,75	160	89,6				
SPC(C <sub>16</sub> + C <sub>15</sub> ) H <sub>3</sub>	0,1	8,2	14,5				
	0,25	30	41,3				
	0,5	52	68,6				
	0,75	93	88,4				
	1,25	172	96,5				

Famille SPCR<sub>2</sub>H<sub>2</sub>

	0,5 0,75 1,25 2,5	42 64 101 240	40,1 70,1 86,1 97,9			
SPC(C <sub>10</sub> + C <sub>12</sub> ) H <sub>2</sub>	0,1 0,25 0,4 0,5	20 50 88 112	28,0 68,9 85,8 93,6			
SPC(C <sub>12</sub> ) <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	0,1 0,25 0,5 1,0 1,25 2,5	6 15 28 53 75 160	10,4 20,2 46,1 76,8 88,0 98,1			
SPC(C <sub>12</sub> à C <sub>15</sub> ) <sub>2</sub> H <sub>2</sub> non débourbé	2,0 5,0 10,0	— — —	24,1 51,5 79,1			
SPC(C <sub>12</sub> à C <sub>15</sub> ) <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	0,25 0,5 0,75 1,0 1,25 2,5	25 48 69 88 115 200	30,3 57,7 73,5 76,9 86,1 98,4			

Mélange de SPCR<sub>2</sub>H<sub>2</sub> et SPCR<sub>3</sub>H

SPC(C <sub>12</sub> à C <sub>15</sub> ) <sub>2,25</sub> H <sub>1,15</sub> non débourbé	2,0 5,0 10,0	— — —	59,3 71,2 93,7			
--	--------------------	-------------	----------------------	--	--	--

Collecteur	C	V <sub>1</sub>	r <sub>5</sub>	Q <sub>F</sub>	Q <sub>NF</sub>	Q <sub>sf</sub>	Q <sub>snf</sub>
SPC(C <sub>12</sub> à C <sub>15</sub> ) 2,25 H <sub>1,75</sub>	0,25 0,5 0,75 1,0 1,25	29 50 80 108 136	36,3 60,3 80,3 90,2 94,9				
SPC(C <sub>12</sub> à C <sub>15</sub> ) 2,5 H <sub>1,5</sub> non débourbé	2,0 5,0 10,0	— — —	58,2 86,4 97,5				
SPC(C <sub>12</sub> à C <sub>15</sub> ) 2,5 H <sub>1,5</sub>	0,1 0,25 0,5 0,75 1,0	17 43 90 120 160	21,6 57,0 88,1 92,3 95,8				

Famille SPCR<sub>3</sub>H

SPC(C <sub>10</sub> ) <sub>3</sub> H	0,05 0,075 0,1 0,25	60 95 127 247	42,2 80,5 84,1 96,9	0,0208	0,0078		
SPC(C <sub>12</sub> ) <sub>3</sub> H	0,05 0,075 0,1 0,25	49 70 89 188	41,0 65,0 71,9 91,4	0,0108	0,0066		

Famille SPCR<sub>4</sub>

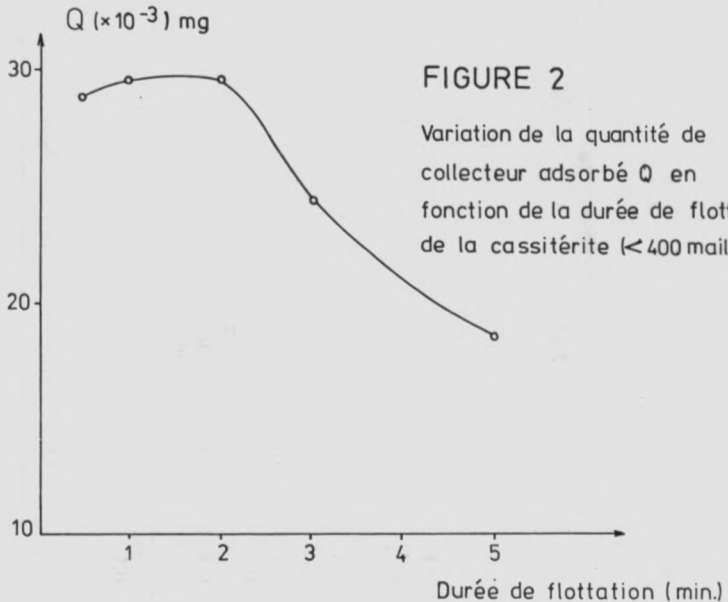
SPC(C <sub>3</sub> ) <sub>4</sub>	1,0	—	33,5				
non débourbé	2,0	—	89,2				
	5,0	—	99,5				
SPC(C <sub>5</sub> ) <sub>4</sub>	0,1	60	41,6	0,0094	0,0016		
	0,25	115	73,8				
	0,5	163	94,7				
	0,75	225	97,7				
SPC(C <sub>8</sub> ) <sub>4</sub>	0,25	—	—	0,0138	0,0047	0,060	0,024
non débourbé	0,5	—	39,3	0,0213	0,0131	0,093	0,057
	1,0	—	72,4	0,0387	0,0209	0,168	0,091
	1,5	—	—	0,0385	0,0242	0,167	0,105
	2,0	—	95,6	0,0398	—	0,173	—
	5,0	—	97,5	—	—	—	—
SPC(C <sub>6</sub> ) <sub>4</sub>	0,1	80	43,7	0,0101	0,0048	0,151	0,073
	0,25	131	80,2				
	0,5	178	96,6				
	0,75	228	97,3				
SPC(C <sub>8</sub> ) <sub>4</sub>	0,1	—	23,0	0,0053	0,0005	0,015	0,0014
-400 Mailles	0,2	—	34,5	0,0117	0,0024	0,034	0,007
	0,25	—	35,7	0,0176	0,0052	0,051	0,015
	0,4	—	53,1	0,0197	0,0087	0,057	0,025
	0,6	—	60,3	0,0215	0,0103	0,062	0,029
	0,8	—	78,0	0,0233	0,0111	0,067	0,032
	1,0	—	82,3	0,0261	0,0126	0,075	0,036
SPC(C <sub>10</sub> ) <sub>4</sub>	1,0	—	72,3				
non débourbé	2,0	—	92,2				
	5,0	—	97,1				

Collecteur	C	V <sub>i</sub>	r <sub>s</sub>	Q <sub>F</sub>	Q <sub>NE</sub>	Q <sub>SP</sub>	Q <sub>SE</sub>
SPC(C <sub>10</sub> ) <sub>4</sub>	0,1 0,25 0,5 0,75	83 133 176 231	76,9 92,4 95,8 98,3	0,0163	0,0057		
SPC(C <sub>12</sub> ) <sub>4</sub> non débourbé	0,5 1,0 2,0	— — —	24,4 51,2 53,9				
SPC(C <sub>12</sub> ) <sub>4</sub>	0,1 0,25 0,5 0,75	58 93 143 192	48,7 66,1 94,1 98,4	0,0059	0,0024		
SPC(C <sub>12</sub> + C <sub>13</sub> ) <sub>4</sub>	0,1 0,25 0,5 0,75	93 160 195 210	58,9 94,0 98,8 99,2				
SPC(C <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (C <sub>8</sub> ) <sub>2</sub> non débourbé	1,0 2,0 5,0	— — —	25,1 75,8 99,3				
SPC(C <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (C <sub>8</sub> ) <sub>2</sub>	0,1 0,25 0,5 0,75 1,0 2,0	20 43 59 80 136 175	16,8 29,6 33,5 46,0 91,4 93,4				
SPC(C <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (C <sub>8</sub> à C <sub>11</sub> ) <sub>2</sub>	1,0 2,0	— —	21,1 22,7				

SPC(C <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (C <sub>9</sub> à C <sub>11</sub> ) <sub>2</sub>	0,25	40	26,3			
	0,4	73	45,8			
	0,5	98	56,4			
	0,75	133	73,2			
	1,0	180	93,7			
SPC(C <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (C <sub>12</sub> ) <sub>2</sub>	0,25	44	54,7			
	0,4	110	78,0			
	0,5	152	89,7			
	0,75	224	93,3			
SPC(C <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (C <sub>12</sub> à C <sub>15</sub> ) <sub>2</sub>	0,1	25	24,7			
	0,25	63	46,1			
	0,5	105	57,0			
	0,75	177	81,6			
SPC(C <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (C <sub>16</sub> ) <sub>2</sub>	0,1	25	27,3			
	0,2	52	48,3			
	0,25	68	65,9			
	0,4	120	77,7			
	0,5	160	96,0			
SPC(C <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (C <sub>18</sub> ) <sub>2</sub>	0,1	19	18,9			
	0,2	38	39,2			
	0,25	55	48,7			
	0,4	91	65,5			
	0,5	130	80,9			
SPC(C <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (C <sub>12</sub> ) <sub>3</sub>	0,1	30	32,1			
	0,2	35	34,2			
	0,25	62	47,8			
	0,4	95	70,2			

#### 4.2. Evolution de la quantité adsorbée en fonction du temps de flottation

La quantité de collecteur adsorbé sur la cassitérite (par g  $Q$  ou par unité de surface  $Q_s$ ) reste pratiquement constante, aux erreurs expérimentales près, pour les grains recueillis pendant les 2 premières minutes de la flottation (fig. 2).



Collecteur  $\text{SPC}(\text{C}_8\text{H}_{17})_4$

Concentration du collecteur : 1 mg/l

Au-delà, la quantité adsorbée diminue progressivement. L'explication paraît simple: la probabilité d'adhérer à une bulle d'air est évidemment plus grande pour les grains rendus les plus hydrophobes qui sont précisément ceux recueillis en premier lieu.

#### 4.3. Loi cinétique

Une loi cinétique a été exprimée pour la flottation des fines particules de malachite par les acides gras [4]. Elle se vérifie

également pour la flottation de la malachite et de la cassitérite par les collecteurs que nous avons étudiés.

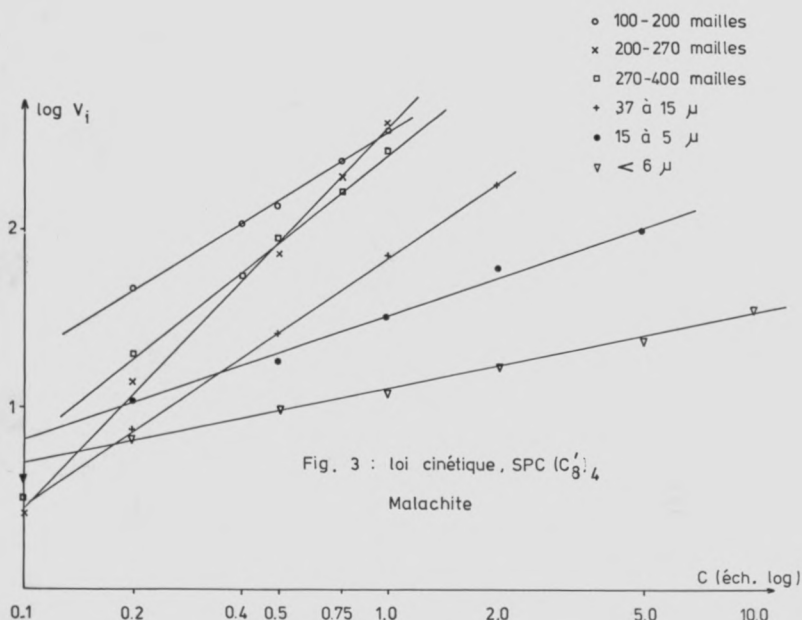
Cette loi s'exprime par la relation:

$$V_i = k c^n$$

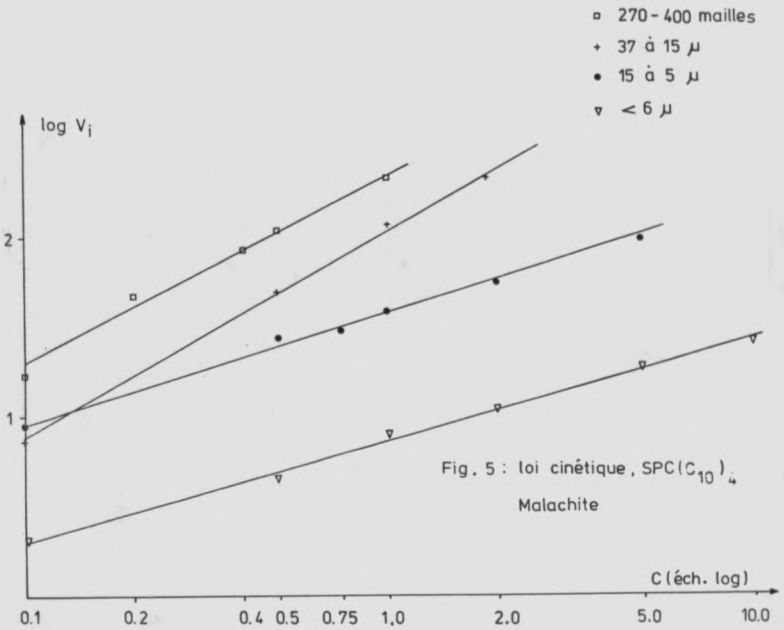
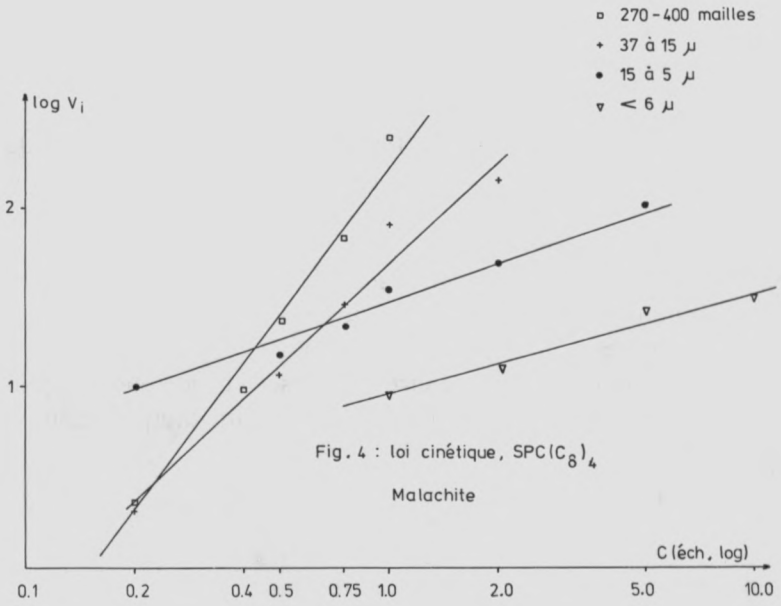
où  $V_i$  est la vitesse initiale de flottation,  $C$  la concentration du collecteur,  $k$  et  $n$  sont des paramètres dépendant du collecteur utilisé et du minerai traité.

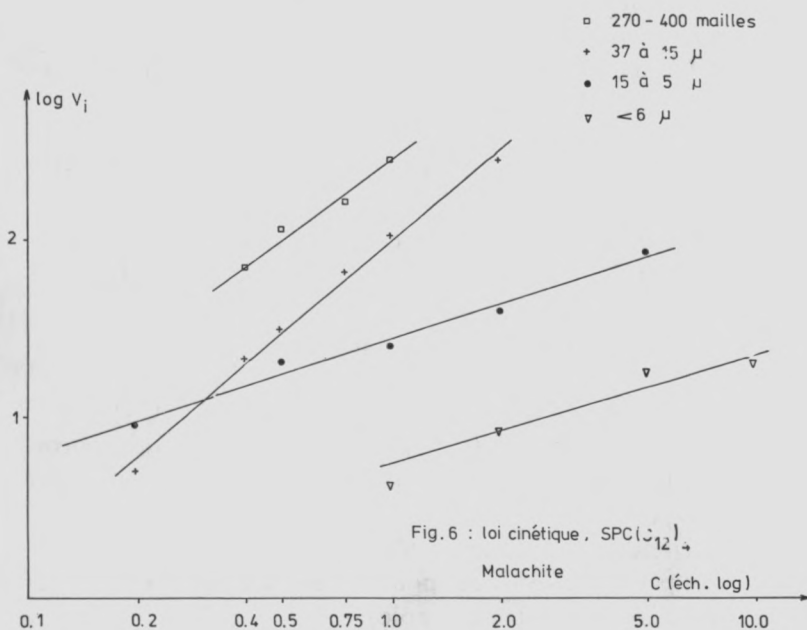
Représentée graphiquement sous forme logarithmique, elle permet de dresser pour chaque série homologue de collecteurs un diagramme où l'efficacité des divers réactifs s'inscrit en un réseau de droites.

Les résultats peuvent ainsi être condensés en quelques graphiques (ex.: pour la malachite *fig. 3 à 6*) et leur interprétation en est facilitée.









#### 4.4. Influence de la nature du collecteur

##### 4.4.1. Effet de la nature des chaînes hydrophobes

###### 4.4.1.1. Cassitérite

Nos résultats montrent que les différents collecteurs d'une série homologue se rangent suivant un certain ordre d'efficacité, pour une concentration déterminée en réactif. Cet ordre, résultant de l'effet conjugué du pouvoir hydrophobe du collecteur et de son adsorption, ne suit pas l'ordre naturel de la série homologue.

Examinons plus en détail le comportement des quatre familles de collecteurs:

— *Famille SPCRH<sub>3</sub>* (une seule fonction carboxylique estérifiée).

L'ordre d'efficacité correspond, dans le domaine de concentration utilisé, à celui du pouvoir hydrophobe des différents collecteurs.

— *Famille SPCR<sub>2</sub>H<sub>2</sub>* (deux fonctions estérifiées).

L'efficacité maximum correspond au réactif SPC (C<sub>10</sub>+C<sub>12</sub>)<sub>2</sub> H<sub>2</sub>. On remarque que les réactifs estérifiés par des mélanges d'alcools constituent de meilleurs collecteurs.

— *Famille SPCR<sub>3</sub>H* (trois fonctions estérifiées).

Le pouvoir collecteur optimum se situe au niveau du SPC (C<sub>10</sub>)<sub>3</sub> .H

Des mesures d'adsorption ont en outre prouvé que l'adsorption du SPC (C<sub>10</sub>)<sub>3</sub> H est supérieure à celle du SPC (C<sub>12</sub>)<sub>3</sub> H ce qui concorde avec les résultats de flottation.

— *Famille SPCR<sub>4</sub>* (toutes les fonctions carboxyliques sont estérifiées).

Les mesures d'adsorption réalisées sur les SPC (C<sub>8</sub>)<sub>4</sub>, SPC (C<sub>8</sub>)<sub>4</sub>, SPC (C<sub>10</sub>)<sub>4</sub> et SPC (C<sub>12</sub>)<sub>4</sub> montrent une parfaite concordance avec les rendements de flottation, avec un maximum pour le SPC (C<sub>10</sub>)<sub>4</sub>.

L'efficacité de ces collecteurs dépasse largement celle des réactifs formés par une estérification au moyen de deux alcools différents (SP (C<sub>2</sub>)<sub>2</sub> (C<sub>12</sub>)<sub>2</sub> par exemple).

Pour ces réactifs l'ordre d'efficacité de la série homologue diffère selon la concentration.

#### 4.4.1.2. Malachite

L'examen des fractions granulométriques 270/400 Mailles à < 6 microns montre une variation dans l'ordre d'efficacité des collecteurs.

A titre d'exemple, à une concentration de 1 mg/l, la valeur de la vitesse initiale de flottation suit les séquences suivantes pour les différentes granulométries (*tableau VI*).

TABLEAU VI. — Variation de l'efficacité des collecteurs selon la fraction granulométrique de la malachite à la concentration de 1 mg/l. \*

Fraction granulométrique	Ordre d'efficacité des collecteurs
270/400 Mailles	SPC(C <sub>12</sub> ) <sub>4</sub> > SPC(C <sub>10</sub> ) <sub>4</sub> > SPC(C <sub>8</sub> ) <sub>4</sub>
37 à 15 Microns	SPC(C <sub>10</sub> ) <sub>4</sub> = SPC(C <sub>12</sub> ) <sub>4</sub> > SPC(C <sub>8</sub> ) <sub>4</sub>
15 à 6 Microns	SPC(C <sub>10</sub> ) <sub>4</sub> > SPC(C <sub>12</sub> ) <sub>4</sub> = SPC(C <sub>8</sub> ) <sub>4</sub>
< 6 Microns	SPC(C <sub>8</sub> ) <sub>4</sub> > SPC(C <sub>10</sub> ) <sub>4</sub> > SPC(C <sub>12</sub> ) <sub>4</sub>

\* Ces séquences ne sont pas identiques à toutes les concentrations, et l'évolution que nous voulons souligner est plus ou moins marquée selon la concentration.

Comme pour la flottation de la malachite par les acides gras [4], on assiste donc à un renversement complet de l'efficacité des collecteurs lorsqu'on varie la granularité.

Pour la fraction 270/400 mailles, le meilleur collecteur est celui qui s'adsorbe le plus et qui est le plus hydrophobe, ce qui est logique; mais pour la fraction granulométrique  $< 6$  Microns, c'est celui qui s'adsorbe le moins et qui est le moins hydrophobe.

Peut-être s'agit-il d'un effet secondaire: le collecteur SPC  $(C_8)_4$  est plus moussant que le SPC  $(C_{10})_4$  et plus encore que le SPC  $(C_{12})_4$ . Dans ces conditions, les grains très fins de malachite pourraient être entraînés par l'agitation et la turbulence provoquée dans la cellule de flottation. Dans un tel cas, où intervient un facteur étranger à la flottabilité proprement dite, cet accroissement du rendement se ferait au détriment de la sélectivité.

#### 4.4.2. Effet du degré d'estérification (cassitérite)

Les résultats comparés de flottation et d'adsorption pour les séries SPCR<sub>3</sub>H et SPCR<sub>4</sub> correspondent parfaitement entre eux.

En examinant l'ensemble des mesures, on constate que les réactifs, dont trois fonctions carboxyliques sont estérifiées, sont les meilleurs agents collecteurs.

L'interprétation de ce résultat est en rapport direct avec la structure des produits étudiés. Les collecteurs de la série SPCR<sub>3</sub>H possèdent deux fonctions polaires ( $SO_3H$  et  $COOH$ ) qui constituent des points d'attache du collecteur sur le minerai et favorisent une adsorption plus élevée.

#### 4.5. Influence de la granularité (malachite)

La comparaison des valeurs de la vitesse de flottation et de la quantité adsorbée est particulièrement intéressante pour le SPC  $(C_8)_4$  pour lequel le nombre de mesure est plus élevé.

On constate une évolution parallèle de ces paramètres.

La flottabilité s'accroît d'abord (maximum pour la fraction 200/270 mailles) puis diminue vers les fines fractions granulométriques. La faible adsorption sur les particules fines est probablement due à leur haut degré d'hydratation, et celle observée

pour les plus grosses à un mauvais conditionnement (agitation insuffisante).

Pour les collecteurs SPC  $(C_8)_4$ , SPC  $(C_{10})_4$ , SPC  $(C_{12})_4$ , on enregistre des résultats analogues. De plus, on constate que l'évolution du coefficient  $n$  des droites de flottation (Cf. 4.3. et *tableau VII*), est parallèle à l'adsorption. Ce paramètre représente l'effet d'une augmentation de concentration du collecteur c'est-à-dire l'isotherme d'adsorption pour le système étudié et il semble donc lié à l'état de surface des particules minérales.

TABLEAU VII. — Valeur de la pente  $n$  des droites de flottation ( $\log V_i = \log k + n \log C$ ) pour la malachite.

Collecteurs	Fractions granulométriques					
	100/200 Mailles	200/270 Mailles	270/400 Mailles	35-15 Microns	15-5 Microns	<6 Microns
SPC $(C_8)_4$	1,26	2,12	1,62	1,38	0,68	0,53
SPC $(C_8)_4$	—	—	2,70	1,85	0,68	0,55
SPC $(C_{10})_4$	—	—	1,10	1,16	0,62	0,55
SPC $(C_{12})_4$	—	—	1,76	1,72	0,62	0,55

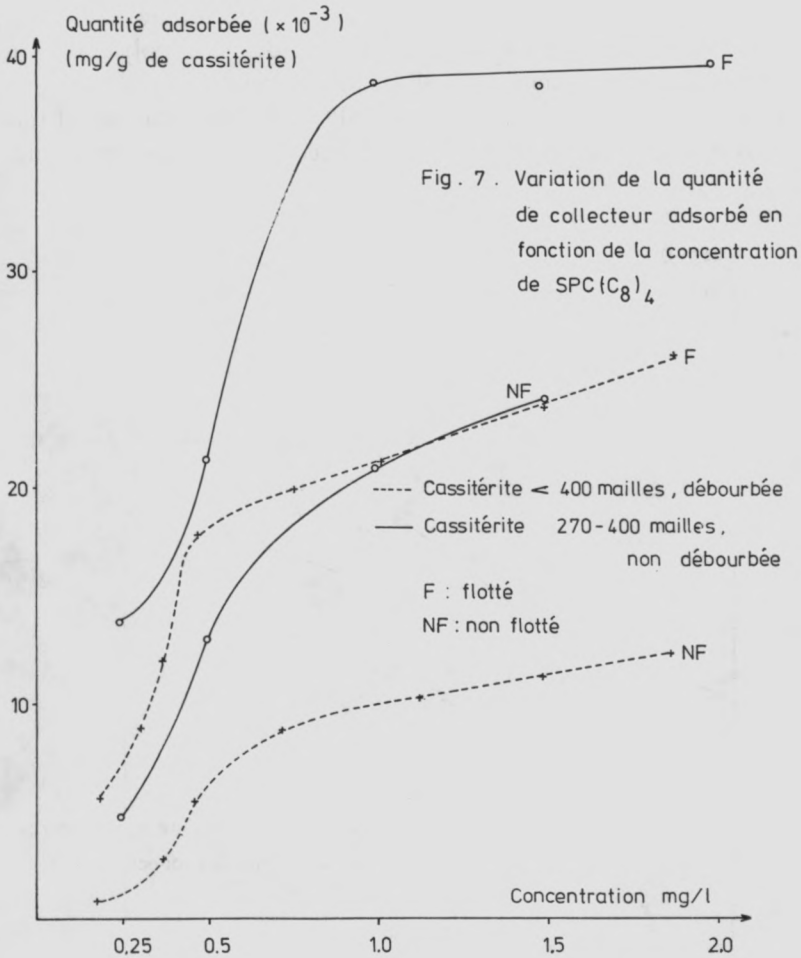
#### 4.6. Isothermes d'adsorption

Des isothermes liant la quantité de collecteur adsorbé à la concentration ont été tracés pour deux fractions granulométriques de cassitérite (*fig. 7*). Les courbes prennent une allure différente à partir d'une certaine concentration, variable selon le cas.

Il semble alors que la quantité adsorbée tende vers une valeur à peu près constante.

L'existence de ce « seuil », probablement lié au mécanisme de l'adsorption, peut s'expliquer par la présence de sites privilégiés existant à la surface de la cassitérite. L'adsorption se ferait préférentiellement sur ces sites et ensuite seulement sur la surface restante de la cassitérite.

La vitesse de flottation et la concentration en collecteur étant liées par une loi de la forme d'un isotherme d'adsorption de



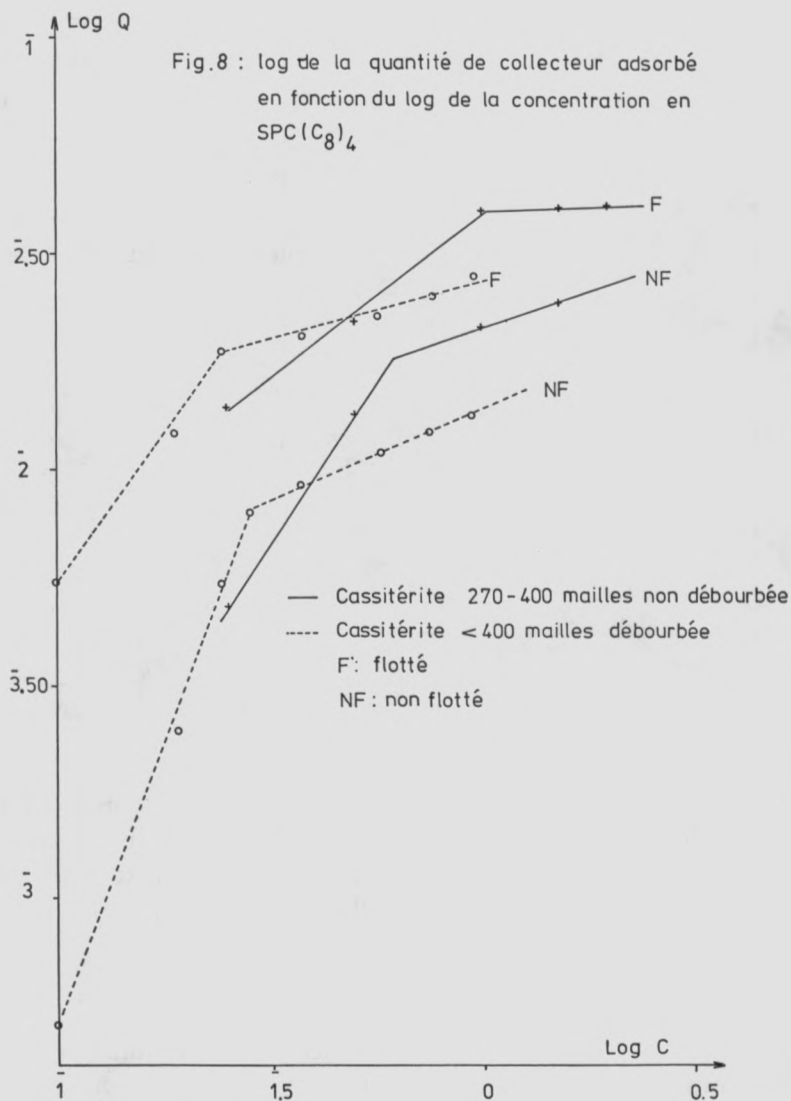
Freundlich (4.3.), nous avons examiné si l'isotherme obtenu n'est pas également de ce type. La *figure 8* montre que ce n'est pas le cas. Néanmoins, ce graphique met encore plus nettement en évidence l'existence du seuil dont il a été question plus haut.

#### 4.7. Influence du débourbage

L'effet délétère des très fines particules sur la flottation des fractions plus grenues est bien connu. Nos résultats concernant

la flottation de la fraction 270/400 mailles de la cassitérite (*tableau V*) montrent que les esters d'acides sulfopolycarboxyliques sont particulièrement sensibles à ce facteur.

Les résultats relatifs à la famille  $\text{SPCR}_4$  indiquent en effet que dans le cas de la fraction non débourbée, il est nécessaire d'aug-



menter considérablement la concentration du collecteur pour obtenir des rendements comparables à ceux observés avec la fraction débourbée.

#### 4. REMERCIEMENTS

Nous remercions vivement les firmes U.C.B., GÉCAMINES et MINETAÏN pour l'aide matérielle octroyée et pour l'intérêt qu'elles ont pris à ce travail.

29 mars 1974.

#### BIBLIOGRAPHIE

- [1] BARUH, J. et FIERENS, P.: Etude des lois de la flottation (I, II, iii, iv) (*Chimie et Industrie - Génie Chimique*, Vol. 99, p. 260, 556, 865, 871).
- [2] CAMBIER F., FIERENS, P. et LAMBIN, G.: *Silicates Industriels*, Vol. 39, p. 21, 1974.
- [3] FIERENS, P. et LAMBIN, G.: *Ac. des Sc. d'Outre-Mer, Bull. des séances, 1974* (à paraître).
- [4] —et — : *Ac. des Sc. d'Outre-Mer, Bull. des séances, 1974* (à paraître).
- [5] KLASSEN V.-I. et MOKROUSOV, V.-A.: *An introduction to the theory of flottation* (Butterworths, Londres, 1963).
- [6] PANOU, G.: *Ac. des Sc. d'Outre-Mer, Bull. des séances, 1971*, 3, p. 607.
- [7] *Unsaturated carboxylic salt materials and derivatives thereof* Brit. patent 1082, 179, 1967.



## Léon Calembert. — La géologie urbaine dans le monde d'aujourd'hui

### RÉSUMÉ

La géologie urbaine dont les objectifs et les méthodes sont définis, revêt une importance croissante dans le monde entier du fait de l'expansion explosive des villes, des progrès réalisés dans la prospection du sous-sol et des dimensions atteintes tant par les constructions en surface que par l'urbanisme souterrain. Passant en revue les principaux phénomènes à considérer dans nos pays comme dans le tiers monde, on montre que la géologie urbaine implique l'activité d'équipes scientifiques et techniques multidisciplinaires capables d'étudier les facteurs naturels et humains en jeu et leurs multiples combinaisons. Le rôle moderne du géologue est expliqué dans de nombreux cas; ses responsabilités, soulignées et l'on examine les moyens d'assumer dans l'avenir les tâches liées au développement urbain dont les budgets dépassent en valeur absolue ceux de tous les autres travaux publics.

### SAMENVATTING

De stedelijke aardkunde, waarvan doelstelling en methodes omschreven worden, wordt steeds van een grotere belangrijkheid in de hele wereld, ingevolge de explosieve uitbreiding van de steden, de vooruitgang die gemaakt werd in het onderzoek van de ondergrond en de afmetingen die bereikt worden zowel door de oppervlakte-constructies als door het ondergronds urbanisme. Een overzicht wordt gegeven van de belangrijkste gegevens waarmee rekening dient gehouden te worden, zowel in onze streken als in de derde wereld. Aangetoond wordt dat de stedelijke aardkunde de inzet veronderstelt van multidisciplinaire weten-

schappelijke en technische équipes, die de gestelde natuurlijke en menselijke factoren, in hun talrijke combinaties, kunnen onderzoeken. De hedendaagse rol van de geoloog wordt in talrijke gevallen uiteengezet; zijn verantwoordelijkheid wordt beklemtoond, en een onderzoek wordt gewijd aan de middelen om in de toekomst de opdrachten te vervullen, verbonden aan de stedelijke expansie waarvan de budgetten in absolute waarde deze van alle andere openbare werken overtreffen.

\* \* \*

Depuis une vingtaine d'années, plusieurs branches des sciences minérales connaissent un tel développement qu'elles font l'objet de recherches et d'enseignements séparés tenant compte des résultats acquis dans les diverses tendances, et ouvrent des voies nouvelles. Parmi elles, la *géologie urbaine*, la *géologie de l'ingénieur* et la *géologie de l'environnement* retiennent particulièrement l'attention et l'abondance des publications scientifiques et des initiatives se recommandant de chacune d'elles, rend opportune une mise au point montrant à la fois les différences (d'orientation, de méthodes ou encore dans les objectifs visés), mais aussi les convergences qui, dans bien des cas, font se rejoindre et se combiner les trois disciplines.

Un trait commun mérite d'être souligné d'emblée. Plus que la géologie académique, les trois domaines concernés sont proches des préoccupations quotidiennes des populations, des autorités locales, des instances gouvernementales. Et de plus en plus de celles des organismes internationaux qui assument la responsabilité de problèmes transcendant les frontières et les intérêts privés et s'efforcent d'étendre aux pays en développement l'utilisation des moyens et le bénéfice des expériences des nations plus riches et plus avancées. Dans la présente communication, je ne considérerai que la *géologie urbaine*, me réservant de traiter plus tard des autres orientations.

Dans le monde entier, on observe une expansion explosive des agglomérations urbaines: on estime que la surface qu'elles occupent aura au moins doublé à la fin du siècle. Pour les seuls Etats-Unis d'Amérique, les centres urbains se seront accrus, dans

le même temps, d'une superficie égale à 10 ou 12 fois celle de la Belgique.

Dans nos pays, les villes implantées anciennement, parfois dès l'Antiquité, l'ont été en fonction de la topographie, d'axes de communication, de ressources aquifères, ... sans connaissance réelle des caractéristiques du sous-sol et *a fortiori* sans prévision de l'évolution possible de ces caractéristiques du fait des processus naturels et des travaux de l'homme. Elles ont grandi au gré de l'expansion démographique, économique et industrielle en des lieux désignés par les circonstances, les conditions financières et la politique du moment plutôt que choisis avec discernement en raison de leurs qualités.

Nous y relevons *a posteriori* l'influence des facteurs géologiques au sens large, en étudiant les dégradations provoquées aux terrains et aux constructions et les désordres affectant l'infrastructure. D'autre part, les développements modernes des travaux de génie civil nous donnent l'occasion, grâce aux recherches qui maintenant les précèdent et les accompagnent, de préciser les caractéristiques des facteurs naturels et de mesurer leurs effets, c'est-à-dire de procéder à une véritable autopsie du sol et du sous-sol urbains.

Dans les pays du tiers monde, les villes anciennes présentent les mêmes aléas et des recherches similaires devraient être réalisées pour faire œuvre sociale, soit concilier économie, efficacité et sécurité. Les enseignements tirés des recherches en cours dans nos vieux pays sont susceptibles d'être transposés et adaptés pour l'aménagement progressif et rationnel d'agglomérations qui se dégradent ou prolifèrent de manière anarchique et souvent misérable dans les pays en développement. Ils s'appliquent à coup sûr à l'urbanisation d'espaces vierges mais dont le sous-sol demeure inconnu.

Restée longtemps occasionnelle et concentrée dans les grandes cités, la *géologie urbaine* [40] \* devient de nos jours d'une application courante et déborde les limites des villes traditionnelles. Les raisons de cette utilisation généralisée sont multiples: progrès dans l'équipement technique de prospection des sites (sondages, essais, méthode géophysiques, ...); qualité médiocre

---

\* Les chiffres entre [ ] renvoient à la bibliographie *in fine*.

des terrains encore disponibles; dimensions considérables des constructions et des travaux d'infrastructure; interférences croissantes entre les grands travaux de génie civil d'une part, l'exploitation des ressources souterraines (matériaux, eaux) et les activités de service d'autre part; enfin, la nécessité de planification à long terme implique une connaissance approfondie du sous-sol pour justifier la vocation des terrains.

Sur des territoires à grande densité d'habitations, d'édifices, d'usines; dans les régions périphériques (plaines alluviales, campagnes à faible relief) vers lesquelles émigrent les nouvelles implantations, les affleurements sont rares et les techniques de reconnaissance deviennent nécessairement plus élaborées. Il en est de même quand les extensions urbaines atteignent des versants, des plateaux à couverture de terrains récents, des reliefs constitués par un bed rock hétérogène: les caractères topographiques, lithologiques et hydrogéologiques introduisent une variété considérable dans les conditions de fondation, de consolidation, de drainage... Par nécessité technique ou par obligation légale, les constructeurs réclament aujourd'hui des données précises et exhaustives à l'échelle des ouvrages envisagés: cités d'immeubles à étages multiples; complexes commerciaux, hospitaliers ou sportifs; campus universitaires; autoroutes; parcs industriels, ... Enfin, on assiste à un développement spectaculaire de l'*urbanisme souterrain*: les travaux en sous-sol éliminent de graves inconvénients inhérents aux constructions en surface et leur coût diminue en fonction des progrès techniques (machines de creusement, soutènement, injections) sans compter le bénéfice chiffrable des expropriations rendues inutiles et d'une exécution continue et celui, plus difficile à estimer, qui résulte du maintien des activités au jour et de la préservation de l'environnement.

Dans bien des cas, topographie et saturation de la surface ne laissent d'autre choix que l'expansion souterraine. A Tokyo, les ouvrages souterrains représentent de véritables quartiers enterrés. L'Organisation de coopération et de développement économique (O.C.D.E.) devant l'importance sociale et économique des travaux en sous-sol, a organisé récemment une conférence internationale à laquelle participaient les experts d'une vingtaine de pays industrialisés, avec l'objectif de créer dans le monde des

agences nationales pour promouvoir les recherches dans le vaste domaine du « tunneling ».

On sait par ailleurs que les problèmes de *stockage souterrain* sont d'actualité tant pour des matières utiles que pour des produits résiduels.

De l'exposé qui précède, il est aisé de déduire que le rôle du géologue est primordial puisque les caractéristiques du sous-sol déterminées de plus en plus complètement et quantitativement doivent étayer la « faisabilité » des projets (notamment coût et durée des travaux), le choix des méthodes d'investigation et d'exécution, le relevé des observations en cours d'exécution et leur interprétation. Plus précisément, la géologie urbaine comporte outre l'étude géologique classique à l'échelle adéquate, la mise en œuvre d'essais de pénétration; de sondages mécaniques, sismiques, électriques; d'essais *in situ* et au laboratoire de mécanique des sols et des roches; l'utilisation de piézomètres et de puits expérimentaux. Ces recherches préalables dont plusieurs sont réalisées simultanément, aux points définis en connaissance de cause et en nombre suffisant, tendent à rassembler en temps opportun les résultats géologiques, hydrogéologiques et géotechniques. L'objectif principal vise à mettre à la disposition des membres de l'équipe *nécessairement multidisciplinaire*: urbanistes, architectes, ingénieurs de projets et d'exécution, administrateurs et promoteurs, l'ensemble des données nécessaires et utiles, sous une forme accessible et assimilable à chacun d'eux.

Il n'est dès lors pas surprenant que les recherches en géologie urbaine s'amplifient en proportion des budgets liés au développement urbain, lesquels dépassent en valeur absolue ceux de tous les autres travaux publics.

Je m'attacherai maintenant à examiner de plus près le sous-sol urbain, à dresser un bilan partiel de ce qui est fait en Belgique, à montrer les progrès réalisés à l'étranger et à dégager les tendances pour l'avenir.

Les villes s'édifient sur des remblais et d'anciennes fondations, sur des massifs de roches meubles et cohérentes dans lesquelles circulent et s'accumulent les eaux souterraines. Leur substratum peut contenir des matériaux de construction; des minerais métalliques et non métalliques; des combustibles solides, du gaz naturel, du pétrole; des réserves d'eau: ces ressources ont été, sont

ou seront éventuellement exploitées. Il existe dans le sous-sol des cavités naturelles ou artificielles, vieilles ou récentes, superficielles ou profondes, et le réseau complexe des tranchées qui abritent les multiples canalisations des services urbains. La nature des roches et leurs propriétés diffèrent suivant les sites et se modifient en fonction du climat et de l'action des eaux superficielles et souterraines, naturelles ou polluées. La structure des massifs rocheux évolue lentement ou brutalement sous l'influence de la tectonique, des séismes, des travaux de l'homme: il en résulte des déformations à la surface du sol avec leurs conséquences dommageables. Les régions volcaniques sont exposées aux secousses sismiques et aux manifestations éruptives. Sur le territoire urbain, la topographie et le réseau hydrographique entraînent des phénomènes destructeurs dus à la gravité, aux eaux courantes, aux nappes aquifères. Enfin, l'homme érige des constructions variées, entasse des déblais et des résidus industriels, évacue des eaux de ruissellement et des eaux usées, creuse des excavations et enterre des ouvrages croissant en nombre et en volume.

Les *remblais* et les anciennes fondations constituent un sous-sol très hétérogène dont les caractéristiques hydrogéologiques et géotechniques exigent un examen soigneux; la détermination exacte de la répartition relative des aires remblayées et des roches en place revêt une importance particulière (tassements différentiels).

Pour les *roches in situ*, il convient de définir leur nature, leur structure et leurs propriétés aquifères. Dans les zones vierges, on en déduit, sur la base de critères scientifiques, leur valeur éventuelle comme matériaux de construction de manière à prévoir le cas échéant leur exploitation en temps utile et en harmonie avec l'urbanisation à prévoir.

Pour les *roches meubles*, outre les essais classiques de mécanique des sols, l'étude doit préciser l'origine, la minéralogie et la structure des *limons*, des *loess* et des *argiles* et la nature des *eaux* susceptibles d'entrer à leur contact. Le comportement des silts varie en fonction de leur genèse et des conditions hydrogéologiques de l'environnement [16, 17]; il faut également tenir compte de l'influence néfaste des vibrations engendrées par le trafic urbain et certains travaux de génie civil [8]. Les propriétés



des argiles et leur traitement éventuel dépendent de leur nature minéralogique et des conditions hydrogéologiques. Les recherches nécessaires impliquent la considération du climat et du régime des eaux souterraines et doivent être adaptées dans les divers pays: les climats tropicaux et subtropicaux, les zones arides et subarides, les régions de hautes latitudes ou altitudes connaissent des problèmes différents.

Pour les roches *cohérentes*, outre les essais de mécanique des roches au laboratoire et *in situ*, elles donnent lieu à des examens plus poussés de la pétrographie et de la structure à l'échelle de l'échantillon et du massif rocheux, et des conséquences prévisibles de l'action physique et chimique des eaux du sous-sol. A ce sujet, les idées sur l'importance des nappes aquifères de fissures en roches perméables en petit ont beaucoup évolué [21, 28].

Quel que soit leur degré de cohésion, les roches *solubles* ou *plastiques*, naturellement ou du fait des interventions de l'homme au site considéré, font l'objet de recherches adéquates.

En zones urbaines et à leur périphérie, les *carrières* actives requièrent un contrôle sérieux pour concilier exploitabilité et sécurité: qu'il s'agisse de pierres de construction, de sables ou de graviers, il devient indispensable de procéder à une étude scientifique et économique complète définissant les moyens d'assurer à la fois, la rentabilité et la préservation du site: trop d'exploitations du genre garantissent un profit immédiat mais préparent un grave préjudice pour l'avenir. Le géologue peut éclairer le problème: incidence de l'exploitation sur les constructions voisines ou à envisager, limites d'une zone de sécurité à prévoir, influence sur les ressources aquifères, pollutions possibles, modes de remblayage à préconiser. Certains de ces aspects sont à considérer également pour les carrières abandonnées.

Il existe dans le sous-sol urbain des *excavations* souterraines: tranchées recouvertes et galeries abritant les canalisations des services, anciennes carrières souterraines (de gypse à Paris [3], de grès à Bruxelles, de charbon et de grès à Liège [11], de phosphate de chaux en Hesbaye [11], ...), cavités naturelles engendrées par la dissolution de roches solubles (calcaires, dolomies, craies, évaporites) ou par la désintégration de roches friables, sous l'action des eaux vadoses et phréatiques [9]. Des cavités naturelles sont creusées dans les roches insolubles: « grot-

tes » dans des grès et autres roches affectées par des joints et des failles et excavées par les eaux souterraines, ou résultant des conditions de formation: tunnels sous-basaltiques dans les champs de laves. Le géologue doit collaborer avec les ingénieurs pour établir qu'un projet est réalisable et comment l'adapter au site, notamment en utilisant des fondations spéciales. Fréquemment, l'action de l'homme s'ajoute aux phénomènes naturels, accélère et aggrave leur évolution: les influences minières, par exemple, agissent dans les zones karstiques [10]. Les exploitations souterraines profondes: charbonnages, mines métalliques, extraction de pétrole ou de gaz, captage d'eau, ... provoquent à la surface des cassures, des affaissements locaux ou des subsidences étendues [5]. Plus insidieusement, au-delà du terme des dénivellations mesurables, elles détériorent de manière durable les qualités mécaniques intrinsèques des roches et leur comportement en présence d'eau [45].

L'*altération météorique* des roches revêt une importance particulière suivant le climat et les conditions hydrogéologiques. Même dans un pays tempéré, l'altération *in situ* des schistes en argiles, la cristallisation de minéraux d'altération dans les schistes pyriteux, ... sont à l'origine de dégradations provoquées par des tassements différentiels, le foisonnement de remblais, le gonflement de roches de fondation, des glissements superficiels. Dans les régions chaudes connaissant des périodes de pluies abondantes, température et variations des nappes aquifères conduisent à des altérations intenses et profondes et les minéraux argileux notamment exigent une détermination précise. Dans des régions de reliefs enterrés, des altérations fossiles (paléosols, paléokarsts) peuvent représenter des zones dangereuses dans le sous-sol et doivent être reconnues.

Dans les régions industrielles, les produits nocifs répandus dans l'atmosphère amplifient les effets de l'altération météorique [36].

Si la *structure des sols* est généralement bien étudiée par des méthodes devenues classiques, il n'en est pas de même pour la *structure des massifs rocheux*. Or, celle-ci est importante en elle-même et parce qu'elle joue un rôle déterminant dans le domaine des eaux souterraines. La nature, la répartition et les particularités des divers types de joints est à considérer en méca-



nique des roches. Les failles passives introduisent des discontinuités dans les massifs rocheux et drainent ou arrêtent les eaux souterraines suivant qu'elles sont perméables ou étanches. Les failles actives du fait des déformations de la croûte terrestre ou des travaux souterrains, sont à l'origine de dommages considérables et posent de graves problèmes à l'ingénieur. En Belgique, où ne se manifestent que de faibles séismes, on a cependant pu montrer leur influence sur les ruptures de canalisations de gaz naturel [25]; dans les régions sismiques, comme la Californie, les failles donnent lieu à des dommages spectaculaires et l'on a recours à des études préventives [31, 32]; dans d'autres pays, comme le Japon, les phénomènes agissent sur les fonds marins et prennent la forme de raz de marée (*tsunamis*) dévastateurs.

Les modifications des *pressions d'eau interstitielles* peuvent provoquer des mouvements du sol, notamment lors du remplissage de certains bassins de retenue.

Il n'est guère besoin d'insister sur la nécessité de surveiller l'évolution des *phénomènes éruptifs et sismiques* qui chaque année, en quelque endroit du monde, accumulent les destructions. Le géologue intervient dans les missions de détection, de surveillance, de prédiction et de sauvegarde [2].

Le vaste domaine des *nappes aquifères* présente à lui seul tant d'impacts divers sur les aires urbaines qu'il mobilise des milliers de géologues spécialistes en hydrogéologie. La nature des eaux du sol et ses altérations possibles influent sur les utilisations domestiques et industrielles, l'agressivité à l'égard des canalisations, du béton, etc. L'induration et l'imperméabilisation de grandes superficies (parfois à raison de 80 à 90 %) modifient les conditions d'alimentation des nappes, sont susceptibles de provoquer des inondations et des pollutions directement ou par l'intermédiaire de remblais contenant des produits nocifs, de puits perdus et de bassins d'orage. Les inondations, surtout dans les cuvettes engendrées par les affaissements naturels ou non du sol, imposent des travaux de démergement adaptés à la géologie du site. Les recherches hydrogéologiques s'avèrent de plus en plus indispensables et complexes en relation avec le stockage souterrain de fluides, le rejet dans des couches géologiques profondes d'eaux usées ou d'eaux résiduelles industrielles [46]

et plus prosaïquement le choix de sites protégés par des écrans souterrains naturels pour les champs d'épandage d'immondices et de déchets toxiques [41, 43].

Les nappes *alluviales*: plaines alluviales, terrasses, cônes de déjection, sont soumises à des fluctuations répétées, naturelles ou non, dans des matériaux hétérogènes, de composition et de granulométrie variées, intégrés à des structures géologiques particulières (chenaux, îles alluviales) caractérisées par de rapides variations latérales de faciès [19, 20, 22].

Le sous-sol donne lieu à des tassements différentiels, des transferts de particules fines, des reclassements d'éléments, des subsidences locales [14]. Les fluctuations du niveau des nappes en fonction des infiltrations ou des drainages modifient les qualités mécaniques des roches [34]. Il subsiste dans les formations alluviales, des chenaux fossiles ou remblayés qui sont le siège de courants préférentiels des eaux souterraines [44]. Le comportement des nappes aquifères n'est souvent bien compris que grâce à une excellente connaissance de la structure du substratum: régime des fissures [28], barrières dues aux failles [47], conditions de gisement des limons, tourbes et autres roches sensibles à l'action de l'eau [14, 19].

Les zones *karstiques* font l'objet de très nombreuses recherches [14, 38]. En effet, les cavités, même holofossiles [12], créées par les dissolutions souterraines, peuvent se vider, s'effondrer et plus généralement représenter dans le sous-sol des zones instables et de moindre résistance ou hétérogènes quant aux coefficients de tassement et autres qualités mécaniques. La dissolution peut progresser aussi longtemps que les roches solubles n'ont pas disparu et les affaissements provoquent une détérioration des propriétés géotechniques des matériaux sous-jacents. Un programme sérieux d'urbanisation doit comporter la localisation des zones sujettes à caution en même temps que les possibilités d'absorption des appareils karstiques pour l'évacuation des eaux météoriques et des eaux usées [24] compte tenu des conséquences éventuelles sur l'évolution des dissolutions souterraines et la pollution des nappes et des résurgences. L'intervention nécessaire du géologue se justifie encore du fait de l'utilisation croissante des méthodes de prospections géophysiques: gravimétriques [3], électriques [24], sismiques [24, 35,

52], dont les résultats ne sont interprétés correctement et l'emploi pleinement efficace que grâce à une bonne connaissance de la géologie régionale. Cette remarque conserve toute sa valeur pour les applications des méthodes géophysiques de reconnaissance aux autres problèmes cités plus haut qui ont des relations directes ou indirectes avec la circulation des eaux souterraines et les nappes aquifères. Dans les régions *littorales* et même largement à l'intérieur des continents, les intrusions et les pénétrations d'eaux salines dans les aquifères trop sollicités requièrent les services de l'hydrogéologue.

Sans compter ses rapports étroits avec les nappes aquifères, l'étude des *réseaux hydrographiques* et plus généralement de la *géomorphologie* est déterminante pour contrôler les inondations, les crues et leur influence sur la stabilité des rives et des dépôts de pente, l'évolution des divers modes d'érosion et les mouvements de terrains. De nombreux sites urbains couvrent des plaines alluviales, des terrasses et des versants; il est important de reconstituer les paléo-reliefs: anciens bras fluviaux remblayés naturellement ou non [18], méandres abandonnés [16], paléoglissemments [18]. Les régions tropicales et subtropicales, les régions arides et les « bad lands » résultant de la destruction du couvert végétal sont plus que d'autres soumis aux effets des pluies abondantes qui, seules ou combinées à l'altération et à l'action de la gravité et des séismes, provoquent des érosions intenses, des déplacements en masse de sols et de roches. Les constructions de piètre qualité, mal adaptées aux conditions du site, les ouvrages anciens ou fondés sans étude adéquate du sous-sol se montrent les plus précaires: chaque année, des catastrophes disséminées sur tous les continents trouvent leurs causes dans la méconnaissance du comportement des sols de fondation en fonction du climat et du relief.

Surtout étudiées dans les zones habitées et montagneuses où les désastres revêtent plus de gravité, les divers types de *déplacements en masse* [23], brutaux ou lents, mais dont la plupart sont susceptibles d'accélération soudaine par le fait de facteurs accidentels, naturels ou humains, s'échelonnent du creep et de la solifluction jusqu'aux avalanches en passant par les coulées de boues, les chutes de blocs et les glissements de terrains.

Même dans les pays tempérés, ces phénomènes sont actifs; certains mouvements épidermiques et locaux [29], plus répandus qu'on ne le croit, causent des dommages au total très considérables; les caractéristiques topographiques, géologiques, hydrogéologiques, confèrent à de nombreux sites une vocation au glissement des limons et loess superficiels, du manteau d'altération et du colluvium: il suffit que les conditions météoriques (pluies, neige, gel) ou des facteurs locaux (trépidations, ruptures de canalisations d'eau ou de gaz, microséismes, surcharges à l'amont sur des roches instables ou excavations à leur pied) déclenchent le mouvement [8, 50]. Les dépôts de stériles, de cendres et de scories, de crassiers constituent dans les villes et les faubourgs industriels des masses souvent imposantes. En fonction du sous-sol et des eaux superficielles et souterraines, ces accumulations souvent logées dans des vallées posent des problèmes impliquant une étude géologique complète: la rupture des talus ne résulte pas nécessairement du dépassement d'une hauteur et d'une pente critiques compte tenu des matériaux mais du comportement des eaux courantes et des nappes aquifères internes [23]. En plus du contrôle des crues et du drainage, il faut considérer les déformations périphériques (bourrelets et subsidences) qui dépendent de l'évolution de la pression des masses de remblais et de la mobilité des roches du substratum. Dans les pays d'outre-mer des glissements et des avalanches catastrophiques [23] se produisent d'autant plus fréquemment que l'on a affaire à des conditions défavorables: zones affectées par l'évolution karstique, les séismes, les éruptions volcaniques et les exploitations souterraines; climats excessifs, reliefs accentués; volumes énormes des loess, des cendres volcaniques, des dépôts de pente; enfin, lacunes dans les connaissances fondamentales quant aux caractéristiques du sous-sol et de l'hydrogéologie.

Un rapport présenté en 1973 après 3 années d'études, pour la *Californie* (20 millions d'habitants en 1970, 32 à 34 millions prévus en l'an 2000) établit que les dommages causés par les risques géologiques pourraient atteindre 55 *milliards de dollars* d'ici l'an 2000. Ils se répartissent comme suit:

Dégâts dus aux secousses sismiques:	21	milliards de \$
Pertes de ressources minérales du fait de l'urbanisation:	17	milliards de \$
Dommages résultant de glissements de terrains:	9,9	milliards de \$
Dommages résultant d'inondations:	6,5	milliards de \$
Dommages résultant de l'érosion:	600	millions de \$
Dommages résultant de sols de fondation expansifs:	150	millions de \$
Dommages résultant du rejeu de failles:	76	millions de \$
Dommages résultant d'éruptions volcaniques:	49	millions de \$
Dommages résultant de tsunamis:	41	millions de \$
Dommages résultant de subsidence du sol:	26	millions de \$

Le rapport conclut que des risques évalués à 38 milliards de \$ pourraient être évités dans l'état actuel des sciences et des techniques moyennant un programme qui coûterait 6 milliards de \$. Naturellement, des progrès dans les connaissances, les méthodes de prévention et de construction, ... améliorerait le bilan.

La géologie urbaine est indispensable à notre époque qu'il s'agisse d'une ville ancienne [4, 54], de sa restauration, de son extension périphérique, ou encore de la création d'une ville nouvelle [1]. Elle offre l'intérêt et l'originalité de concilier les méthodes de la géologie classique avec celles plus appliquées et davantage quantitatives de la *géologie de l'ingénieur* [4, 13, 14, 48]. L'étude combinée des aspects géologiques, hydrogéologiques et géotechniques est requise à l'échelle imposée par toutes les particularités du cadre naturel et les caractères spécifiques du projet envisagé [1, 6, 14, 49, 51]. L'ingénieur géologue est responsable dès le début de l'établissement des données qui orientent la sélection des sites [1, 36, 42], la définition des recherches plus détaillées nécessaires à l'urbaniste [4, 13], le choix des méthodes de prospection et des spécialistes à consulter [42]. Sa tâche comporte maintes difficultés: tirer parti des sites défa-

vorables quand il n'existe pas de solution de rechange, justifier des options irréversibles qui engageront l'avenir, assimiler les enseignements des « case histories » qu'il aura réunis, adapter son travail aux contraintes d'équipes et de maîtres d'œuvre dont les connaissances et l'expérience sont souvent étrangères aux sciences minérales [48, 51]. Il n'est pas simple d'informer utilement des spécialistes différents des conséquences qu'auront dans leurs domaines, les phénomènes géologiques et connexes.

L'archivage des données recueillies représente un problème considérable dont la solution est difficile et onéreuse mais d'une importance capitale pour l'avenir des cités et les recherches scientifiques [15, 26]. De plus en plus, on s'oriente vers la recherche automatique des informations [52] et l'élaboration de *cartes géotechniques* [7, 33, 39]. L'emploi des ordinateurs et des tables traçantes est à l'ordre du jour et il apparaît que la collaboration étroite du géologue et de l'informaticien représente une condition impérieuse pour l'obtention de documents exacts. Les résultats des recherches de géologie urbaine conduisent naturellement à de grands progrès scientifiques dans la connaissance du sous-sol [27] et des eaux souterraines [44].

Dans nos pays comme dans les pays en développement, il serait opportun et rentable de requérir les services permanents d'un géologue dans toute agglomération dont la population atteindrait 50 000 habitants et pour des groupes de centres habités de moindre importance répartis sur des superficies plus étendues mais dont les liaisons tendent vers une coalescence progressive. Ce géologue recueillerait au jour le jour, à l'occasion de chaque fouille, de chaque sondage, de chaque essai géotechnique, *a fortiori* de chaque étude du sous-sol faite par un organisme de l'Etat ou une entreprise privée, les observations conduisant à l'élaboration d'une carte détaillée du sous-sol et à la mise à jour du dossier géotechnique. En empêchant de se perdre les renseignements accessibles quotidiennement mais pour une durée limitée, il constituerait [15] une documentation d'un prix inestimable pour la communauté vouée inexorablement à une expansion dont elle ne doit pas être la victime par imprévoyance. La connaissance du sous-sol est fondamentale pour assurer le développement rationnel des cités en assurant à la fois l'économie, l'efficacité et la sécurité.



BIBLIOGRAPHIE

- [ 1 ] Anonyme: Problèmes géotechniques liés à l'implantation de la ville nouvelle du Vaudreuil (1<sup>er</sup> Congrès Intern. de l'Assoc. Intern. Géol. Ing., Excursion 1, p. 21-30, Paris, 1970).
- [ 2 ] Anonyme: The surveillance and prediction of volcanic activities. A review of methods and techniques (UNESCO, Coll. Sciences de la Terre, 1972).
- [ 3 ] ARNOULD, M.: Cavités souterraines — Recherches par gravimétrie (*Ann. de l'Inst. Techn. du Bâtiment et des Trav. Publ.*, 21<sup>e</sup> année, n° 243-244, p. 609-627, Paris, 1968).
- [ 4 ] — : Aspects géologiques des problèmes d'urbanisme (géologie urbaine) (*Ann. des Ponts et Chaussées*, n° 5, p. 1-8, Paris, 1969).
- [ 5 ] Association internationale d'hydrologie scientifique et UNESCO: Affaissements du sol (Actes du Colloque de Tokyo, 1969, 2 vol, 1970).
- [ 6 ] BAGARRE, E. et BAUDRY, D.: Le dossier géotechnique de la ville de Clermont-Ferrand (1<sup>er</sup> Congrès Intern. Assoc. Intern. Géol. Ing., T. II, p. 981-991, Paris, 1970).
- [ 7 ] BIGUENET, G., DAYRE, M. et FAVRE, J.-L.: Essai de cartographie géotechnique de Grenoble et ses environs (1<sup>er</sup> Congrès Intern. de l'Assoc. Intern. Géol. Ing., T. II, p. 930-941, Paris, 1970).
- [ 8 ] CALEMBERT, L.: Le glissement de terrain de la colline de Cointe (*Ann. Soc. Géol. de Belgique*, T. 73, p. 93-116, Liège, 1949).
- [ 9 ] — : Corrosion des roches solubles à l'intervention des eaux vadoses et phréatiques, en Belgique (*Bull. Centre belge d'Et. et de Doc. des Eaux*, n° 18, IV, p. 211-223, Bruxelles, 1952).
- [ 10 ] — : Dégâts miniers et phénomènes de dissolution dans le Bassin houiller de Liège (*Ann. des Mines de Belg.*, t. LII, 2<sup>e</sup> livraison, p. 184-192, Bruxelles, 1953).
- [ 11 ] — : Géologie, Mines et Aménagement régional du Bassin industriel liégeois (*Ann. Soc. Géol. de Belg.*, T. 78, p. 429-460, Liège, 1955).
- [ 12 ] — : Phénomènes karstiques holofossiles dans le Crétacé supérieur du Bassin du Geer (*Ann. Soc. Géol. de Belgique*, T. 81, p. 495-506, Liège, 1958).
- [ 13 ] — : Le rôle de la géologie dans les travaux d'intérêt public (Accademia Nazionale dei Lincei, Coll. Intern. consacré à la géologie de l'ingénieur, p. 23-34, Rome, 1961).
- [ 14 ] — : L'étude géologique de la région liégeoise en liaison avec les travaux d'intérêt public, (*Ibid.*, p. 111-112, 1961).
- [ 15 ] — : Réflexions sur l'organisation et les modalités des recherches géologiques en vue de la réalisation des travaux d'intérêt public (*Ibid.*, p. 163-168, 1961).

- [16] — : Constitution de la rive gauche de la Senne, au Nord de Nederover-Heembeek (*Ann. Soc. Géol. de Belgique*, T. 85, p. 193-201, Liège, 1962).
- [17] — et PEL, J.: Influence des conditions hydrogéologiques sur le comportement des silts de diverses origines (Congrès Ass. Intern. des Hydrogéologues, p. 361-368, Belgrade, 1963).
- [18] — et RAES, P.: Geologische und geotechnische Untergrunduntersuchung bei beschädigten Bauwerken (*Z. Deutsch. geol. Ges.*, J. 1962, N. 114, 3 Teil, p. 667-685, Hannover, 1964).
- [19] — : Observations dans la plaine alluviale de la Meuse, en aval de Liège (Publ. Serv. Géol. du Luxembourg, vol. XIV, p. 115-135, Luxembourg, 1965).
- [20] — : Observations sur la terrasse de Hermée, aux Hauts Sarts (Herstal) (*Ann. Soc. Géol. de Belgique*, t. 91, p. 433-443, Liège, 1967).
- [21] — et MONJOIE, A.: Etude hydrogéologique d'un massif cambrien intensément fracturé (Coo - Belgique) (Congrès Assoc. Intern. des Hydrogéologues, p. 361-368, Belgrade, 1967).
- [22] —, PEL, J. et LAMBRECHT, L.: Constitution de la plaine alluviale de la Meuse en aval de Liège, à Herstal, Jupille, Wandre, Cheratte et Vivegnis (Serv. Géol. de Belgique, Prof. Paper n° 12, 25 p., Bruxelles, 1968).
- [23] — : Glissements et avalanches catastrophiques (*Bull. Acad. roy. d'Outre-Mer*, f. 3, p. 692-703, Bruxelles, 1968).
- [24] — et MONJOIE, A.: Bassin karstique et réseaux souterrains de la région de Beaufort (Liège, Belgique) (Actes du Coll. d'Hydr. en Pays calcaire, p. 277-283, Besançon, 1971).
- [25] — et LAMBRECHT, L.: Déformations du sol de la ville de Liège. Influence sur les ruptures de canalisations (rapport inédit, 1971).
- [26] — : Sol, sous-sol et sécurité des constructions en Belgique (Symposium national, Cannes, vol. 1, p. 68-77, 1973).
- [27] —, LAMBRECHT, L. et MONJOIE, A.: Géologie du Centre de Liège (*Ann. Soc. Géol. de Belgique*, t. 96, p. 181-186, Liège, 1973).
- [28] — et MONJOIE, A.: Observations sur les nappes aquifères de fissures du promontoire Meuse-Ourthe (Mémoire C.E.R.E.S., hors série, Hommage à René Spronck, p. 97-108, Liège, 1973).
- [29] — : Sur un curieux glissement de terrain à Courcelles (*Ann. Soc. Géol. de Belgique*, t. 96, p. 67-70, Liège, 1973).
- [30] CALIFORNIA DIVISION OF MINES AND GEOLOGY: Urban Geology (*Bull.* 198, Sacramento, 1973).
- [31] CLUFF, L.-S.: Urban development within the San Andreas fault system (Stanford Univ. Public., Geol. Sciences, vol. XI, p. 55-69, Stanford, 1968).



- [32] FETT, J.-D., HAMILTON, D.-H. et FLEMING, F.-A.: Continuing surface displacements along the Casa Loma and San Jacinto faults in San Jacinto Valley, Riverside Country, California (*Bull. Ass. Eng. Geol.*, vol. 4, n° 1, p. 22-32, 1967).
- [33] GHISTE, S.: La carte d'interprétation géotechnique de la région de Mons (Belgique). Problèmes et solutions (1<sup>er</sup> Congrès Intern. Assoc. Intern. Géol. Ing., T. II, p. 904-915, Paris, 1970).
- [34] HAMILTON, J.-L. et OWENS, W.-G.: Effects of urbanization on ground-water levels (*Bull. Assoc. Eng. Geol.*, vol. IX, n° 4, p. 327-334, 1972).
- [35] HORN, R. et PETER A.: Utilisation de la méthode sismique pour la détection de cavités souterraines d'origine karstique (1<sup>er</sup> Congrès Intern. Assoc. Intern. Géol. Ing., t. II, p. 992-1 005, Paris, 1970).
- [36] HUMBERT, M.: Aptitude des terrains au développement urbain et industriel (1<sup>er</sup> Congrès Intern. de l'Assoc. Intern. Géol. Ing., T. II, p. 950-959, Paris, 1970).
- [37] JAVEY, C.: L'altération des roches et monuments. Etude documentaire (*Bull. B.R.G.M.*, 2<sup>e</sup> s., sect. III, vol. 1, p. 39-66. Paris, 1972).
- [38] KNIGHT, F.-J.: Geologic problems of urban growth in limestone terrains of Pennsylvania (*Bull. Assoc. Eng. Geol.*, vol. VIII, n° 1, p. 91-101, 1971).
- [39] KOMORNIK, A., DENEKAMP, S. et AISENSTEIN, B.: Urban geotechnical mapping in Israël (1<sup>er</sup> Congrès Intern. Ass. Intern. Géol. Ing., T. II, p. 916-929, Paris, 1970).
- [40] LEGGET, R.-F.: Cities and Geology (McGraw Hill Book Cy., New York, 1973).
- [41] LE GRAND, H.-E.: Urban geology and waste disposal (*Geotimes*, vol. 13, n° 6, p. 23, Washington, 1968).
- [42] LUTZEN, E.-E. et WILLIAMS, J.-H.: Missouri's approach to engineering geology in urban areas (*Bull. Assoc. Eng. Geol.*, vol. V, 2, p. 109-121, 1968).
- [43] MCCOLLOUGH, J.-E. et PACEY, J.-C.: Buffer zones for sanitary landfills (*Bull. Ass. Eng. Geol.*, vol. VIII, n° 1, p. 45-57, 1971).
- [44] MONJOIE, A.: Hydrogéologie du Centre de Liège (Ann. Soc. Géol. de Belg., T. 96, Liège (sous presse, 1973).
- [45] — et POLO-CHAPOLINI, Ch.: Influence des travaux miniers sur les caractéristiques hydrogéologiques et géomécaniques des massifs rocheux (*Ann. des Mines de Belgique*, juillet-août, 11 p., 5 tabl., 3 fig., Bruxelles, 1973).
- [46] MOYEN, D. et ROGNON, Ph.: Rejet dans les couches géologiques profondes d'eaux résiduaires industrielles (*Bull. B.R.G.M.*, 2 s., sect. III, n° 2, p. 3-7, Paris, 1971).

- [47] PEL, J.: Observations géologiques et hydrogéologiques sur le territoire de la commune de Vottem (*Ann. Soc. Géol. de Belgique*, T. 83, p. 345-350, Liège, 1960).
- [48] PRINCE, D.-G.: Engineering geology in the urban environment (*The Quarterly Journ. of Eng. Geol.*, vol. 4, N° 3, p. 191-208, London, 1961).
- [49] RADBRUCH, D.-H.: Engineering geology in urban planning and construction in the United States (XXIII<sup>e</sup> Congrès Géol. Intern., Section 12, p. 105-112, Prague, 1968).
- [50] SINGH, A., COUSINEAU, R.-R. et LOCKWOOD, R.-B.: Creep movements of an urbanized hillside (*Bull. Ass. Eng. Geol.*, vol. VIII, n° 2, p. 103-120, 1971).
- [51] TAYLOR, R.-K.: The functions of the engineering geologist in urban development (*The Quarterly Journal of Engin. Geol.*, vol. 4, n° 3, p. 221-239, London, 1971).
- [52] WATKINS, J.-S., GORDON, R.-H. et WAUSON, K.: Seismic detection of near-surface cavities (Geol. Surv., Prof. Paper 599 A, Washington, 1967).
- [53] WOLOSHIN, A.-J.: Geoenvironmental information systems. Their use in urban planning (1<sup>er</sup> Congrès Intern. Assoc. Intern. Géol. Ing., T. II, p. 871-881, Paris, 1970).
- [54] ZARUBA, .Q: The influence of geology on the development of the city of Prague (XXIII<sup>e</sup> Congrès Intern., Section 12, p. 133-144, Prague, 1968).

29 mars 1974

Laboratoires de Géologie Générale et Appliquée  
Faculté des Sciences appliquées  
Université de Liège.

# INHOUDSTAFEL — TABLE DES MATIERES

## Zittingen der Klassen

## Séances des Classes

Blz. - Pages

Morele en Politieke Wetenschappen — *Sciences morales et politiques*

15.1.1974 ... .. 110; 111

19.3.1974 ... .. 136; 137

Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen — *Sciences naturelles et médicales*

22.1.1974 ... .. 158; 159

26.3.1974 ... .. 200; 201

Technische Wetenschappen — *Sciences techniques*

25.1.1974 ... .. 212; 213

29.3.1974 ... .. 256; 257

Begroetingen ... .. 110; 158; 212

Bestuurscommissie (DURIEUX, A.) ... .. 138; 202; 258

Bibliografisch Overzicht der Academie 1974:

Nota's 1 tot 8 ... .. 138; 149-157

Bienvenue:

JAUMOTTE, A. ... .. 257

SNEL, J. ... .. 213

VAN HAUTE, A. ... .. 256

Comité secret ... .. 113; 163; 215

Commission administrative (DURIEUX, A.) ... .. 139; 203; 259

Communications et notes: Cf. Mededelingen en nota's

Compliments	111; 159; 213
Concours annuel 1976	139; 203; 259
Elections: Cf. Verkiezingen	
Geheim comité	112; 162; 214
Mededelingen en nota's:	
CALEMBERT, L.: La géologie urbaine dans le monde d'aujourd'hui	258; 259; 310-327
CAMBIER, F. - CLARA, H. - FIERENS, P. - LAMBIN, G.: Propriétés collectrices et adsorption, sur la malachite et la cassitérite, d'esters d'acides sulfopoly-carboxyliques	256; 257; 283-309
CLARA, H. - FIERENS, P. - LAMBIN, G.: Flottation de la pseudomalachite, du chrysocolle et de l'hétérogénite en présence de gangues schisto-dolomitiques par des dialcylldithiocarbamates de sodium	256; 257; 262-282
—: Cf. CAMBIER, F.	
DORSINFANG - SMETS, A.: La place et le sens de Quetzalcoatl dans la pensée mexicaine	110; 111; 114-124
DURIEUX, A.: La suppression des collectivités traditionnelles au Zaïre	110; 111
FIERENS, P. - LAMBIN, G.: Etude cinétique de la flottation, par des acides gras, de fractions granulométriques fines de malachite	212; 213; 216-230
— - —: Etude de la flottation par sulfuration de la malachite et de la pseudo-malachite	212; 213; 231-241
— - —: Cellule automatique de flottation de fines particules	212; 213; 242-255
—: Cf. CLARA, H. et CAMBIER, F.	
GOLBERT, G.: Courbe de pression-altitude en atmosphère équatoriale	258; 259
HARROY, J.-P.: Présentation du livre de P. del Perugia, intitulé: « Les derniers Rois Mages »	112; 113; 125-135
HENDRICKX, F.-L.: La semaine d'étude des problèmes agronomiques intertropicaux	160; 161; 183-196
LAMBIN, G.: Cf. FIERENS, P., CLARA, H. et CAMBIER, F.	

- PEETERS, L.: Morphologie de « piping » au Vénézuéla: une évaluation quantitative ... 160; 161; 174-182
- SHARMA, B.: On a collection of Bucklandias from the Jurassic rocks of the Rajmahal Hills, India 160; 161; 164-173
- STERLING, A.: Barrage d'El Meki (Niger). Dimensionnement de la retenue en vue d'une utilisation optimale des ressources ... 214; 215
- SWINGS, J.: Cf. VAN PEE, W.
- VAN BILSEN, A.: Second National Development Research Conference ... 136; 137; 142-147
- VANLAAR, M.: Cf. VAN PEE, W.
- VAN PEE, W. - VANLAAR, M. - SWINGS, J.: The nutrition of *Zymomonas* ... 202; 203; 206-211
- VAN RIEL, J.: Présentation de « Assessment of biological value of a new corn-soy-wheat noodle through recuperation of Brazilian malnourished children » de I. Beghin e.a. ... 162; 163; 197-199
- Mémoires (Présentation): Cf. Verhandeligen (Voorlegging)
- Revue bibliographique de l'Académie 1974:
- Notices 1 à 8 ... 139; 149-157
- Société géologique de Belgique (100<sup>e</sup> anniversaire) 260; 261
- Verhandeligen (Voorlegging):
- BALON, E.: Distribution of fishes correlated with the stream gradients in the Kalamo River ... 202; 203
- CORNIL, J. - LEDENT, G. - VANDERSTAPPEN, R. - HERMAN, P. - VAN DER VELDEN, M. - DELANGE, F.: La composition chimique de végétaux et de sols des régions goitreuse et non goitreuse de l'île Idjwi (Lac Kivu) ... 200; 201
- DELANGE, F.: Cf. CORNIL, J.
- DE ROP, A.: Versions et fragments de l'épopée mongo ... 140; 141
- FELIX, C.: Contribution à l'étude pétrologique et géologique du massif du Ruwenzori ... 160; 161; 202; 203

	Blz. - Pages
FIEREMANS, C.: Het voorkomen van diamant langs- heen de Kwango-rivier in Angola en Zaïre ... ..	200; 201
HERMAN, P.: Cf. CORNIL, J.	
HULSTAERT, G.: Esquisse de sémantique mongo ...	136; 137
LEDENT, G.: Cf. CORNIL, J.	
PANOU, G.: Le gisement de Bukena (Shaba-Zaïre). Un cas particulier d'estimation de réserves mi- nières ... ..	214; 215
PAUWELS, J.-M.: Le recueil des coutumes tio (bateke) de Jean Mundelemadia ... ..	112; 113
VANDERSTAPPEN, R.: Cf. CORNIL, J.	
VAN DER VELDEN, M.: Cf. CORNIL, J.	
VARLAMOFF, N.: Classification des gisements d'étain, leur exploration, leur échantillonnage et l'évalua- tion de leurs réserves ... ..	158; 159
VERHELST, Th.: Réflexions en marge des projets de réformes agraires en Ethiopie ... ..	112; 113
<b>Verkiezingen:</b>	
KUFFERATH, J. (titul.) ... ..	163
NEMEC, J. (corresp.) ... ..	215
VAN HAUTE, A. (geassoc.) ... ..	214
<b>Verwelkomingen:</b> Cf. Bienvenue	
Vice-directeur: 1 <sup>re</sup> Classe: MAESEN, A. ... ..	112; 113
Wedstrijd (Jaarlijkse) 1976 ... ..	138; 202; 258



K.A.O.W., Defacqzstraat 1, B-1050 Brussel (België)  
ARSOM, rue Defacqz 1, B-1050 Bruxelles (Belgique)