

**KONINKLIJKE ACADEMIE
VOOR OVERZEESE
WETENSCHAPPEN**

Onder de Hoge Bescherming van de Koning

**MEDEDELINGEN
DER ZITTINGEN**

Driemaandelijkse publikatie

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

Sous la Haute Protection du Roi

**BULLETIN
DES SÉANCES**

Publication trimestrielle

1976 - 2

750 F

BERICHT AAN DE AUTEURS

De Academie 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'Académie 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 1976 (4 num.): 2.500 F

Defacqzstraat 1
1050 BRUSSEL (België)
Postrek. nr. 000-0024401-54 Academie,
1050 Brussel

Rue Defacqz 1
1050 BRUXELLES (Belgique)
C.C.P. n° 000-0024401-54 Académie
1050 Bruxelles

**KLASSE VOOR MORELE
EN POLITIEKE WETENSCHAPPEN**

**CLASSE DES SCIENCES MORALES
ET POLITIQUES**

Zitting van 20 januari 1976

De H. *A. Durieux*, deken van jaren, vervangt de H. directeur *A. Rubbens*, afwezig en verontschuldigd, en zit de vergadering voor.

Zijn bovendien aanwezig : De HH. J.-P. Harroy, J. Jacobs, A. Maesen, E.P. A. Roeykens, de HH. J. Sohier, J. Stengers, E.P. M. Storme, de H. J. Vanhove, leden; de HH. A. Baptist, E. Coppie-
ters, P. de Briey, E.-P. J. Denis, Mw A. Dorsinfang-Smets, de HH. V. Drachoussoff, A. Gérard, A. Huybrechts, M. Luwel, J. Van-
derlinden, R. Yakemtchouk, geassocieerden; de H. L. Rocher,
correspondent, alsook de H. P. Staner, vaste secretaris.

Afwezig en verontschuldigd: de HH. F. Bézy, E. Bourgeois, A. Burssens, R. Cornet, N. De Cleene, V. Devaux, A. Duchesne, W. Ganshof van der Meersch, G. Mosmans, L. Pétilion, R. Rezs-
hazy, A. Rubbens, A. Stenmans, A. Van Bilsen, E. Van der Strae-
ten, E. Vandewoude, F. Van Langenhove, J. Vansina, B. Ver-
haegen.

Mededeling over het verkiezen van een nieuwe Vaste Secretaris

De H. *P. Staner* brengt er de Klasse van op de hoogte dat zijn gezondheidstoestand te wensen overlaat, wat er hem toe verplicht zijn functies van vaste secretaris te beëindigen, te meer daar hij in mei 1976 de leeftijd van 75 jaar zal bereiken.

Hij heeft dit meegedeeld aan de Bestuurscommissie, in haar zitting van 14 januari l.l. Deze heeft hem ermede belast de Klas-
sen daarvan op de hoogte te brengen.

Hij zal zijn mandaat uitoefenen tot de verkiezing van een nieuwe vaste secretaris.

« L'Ezourvedam et le prosélytisme chrétien en Inde »

De H. *L. Rocher*, correspondent van de Academie te Phila-
delphia legt zijn studie voor getiteld als hierboven.

Séance du 20 janvier 1976

M. A. Durieux, doyen d'âge, remplace M. le directeur A. Rubbens absent et excusé, et préside la séance.

Sont en outre présents : MM. J.-P. Harroy, J. Jacobs, A. Maesen, le R.P. A. Roeykens, MM. J. Sohier, J. Stengers, le R.P. M. Storme, M. J. Vanhove, membres; MM. A. Baptist, E. Coppieters, P. de Briey, le R.P. J. Denis, Mme A. Dorsinfang-Smets, MM. V. Drachoussoff, A. Gérard, A. Huybrechts, M. Luwel, J. Vanderlinden, R. Yakemtchouk, associés; M. L. Rocher, correspondant, ainsi que M. P. Staner, secrétaire perpétuel.

Absents et excusés: MM. F. Bézy, E. Bourgeois, A. Bursens, R. Cornet, N. De Cleene, V. Devaux, A. Duchesne, W. Ganshof van der Meersch, G. Mosmans, L. Pétilion, R. Rezsohazy, A. Rubbens, A. Stenmans, A. Van Bilsen, E. Van der Straeten, E. Vandewoude, F. Van Langenhove, J. Vansina, B. Verhaegen.

Communication concernant l'élection d'un nouveau Secrétaire perpétuel

M. P. Staner informe la Classe de l'état précaire de sa santé et de la nécessité pour lui de cesser ses fonctions de Secrétaire perpétuel, d'autant plus qu'en mai 1976 il atteindra 75 ans.

Il en a saisi la Commission administrative en sa séance du 14 janvier dernier. Celle-ci l'a chargé d'en avertir les Classes.

Il assumera l'exercice de son mandat jusqu'à l'élection d'un nouveau Secrétaire perpétuel.

L'Ezourvédam et le prosélytisme chrétien en Inde

M. L. Rocher, correspondant de l'Académie à Philadelphie, présente son étude intitulée comme ci-dessus.

Deze uiteenzetting wordt gevolgd door een bespreking waaraan deelnemen de EE.PP. *J. Denis, A. Roeykens, de HH. A. Gérard, J. Vanderlinden, J.-P. Harroy, P. Staner en J. Vanhove.*

De Klasse beslist dit werk te publiceren in de *Mededelingen der zittingen* (blz. 80).

La Révolution éthiopienne: un premier bilan

De *H. J. Vanderlinden* legt aan de Klasse zijn studie voor die bovenstaande titel draagt.

Hij beantwoordt de vragen die hem gesteld worden door de *HH. A. Durieux, J. Vanhove, A. Baptist, J. Stengers* en *E.P. J. Denis.*

De Klasse beslist dit werk te publiceren in de *Mededelingen der zittingen* (blz. 84).

« Munga-Ethique en milieu africain » door Nyeme Tese

De *H. J. Jacobs* stelt het werk voor dat bovenstaande titel draagt.

De Klasse beslist deze nota te publiceren in de *Mededelingen der zittingen* (blz. 97).

Geheim comité

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

1. Wijzen de *H. J.-P. Harroy* aan als vice-directeur voor 1976;
2. Gaan over tot het verkiezen van de *HH. A. Duchesne* en *J. Vanderlinden*, als titelvoerend lid;
3. Wijzen de *H. J. Jacobs* aan om de Klasse te vertegenwoordigen in de Bestuurscommissie, in vervanging van de *H. N. De Cleene.*

De zitting wordt gegeven te 16 h 30.

Cet exposé est suivi d'une discussion à laquelle prennent part les RR. PP. J. Denis, A. Roeykens, MM. A. Gérard, J. Vanderlinden, J.-P. Harroy, P. Staner et J. Vanhove.

La Classe décide l'impression de ce travail dans le *Bulletin des séances* (p. 80).

« La Révolution éthiopienne: un premier bilan »

M. J. Vanderlinden présente à la Classe son étude intitulée comme ci-dessus.

Il répond aux questions que lui posent MM. A. Durieux, J. Vanhove, A. Baptist, J. Stengers et le R.P. J. Denis.

La Classe décide l'impression de ce travail dans le *Bulletin des séances* (p. 84).

« Munga-Ethique en milieu africain » par Nyeme Tese

M. J. Jacobs présente l'ouvrage intitulé comme ci-dessus.

La Classe décide l'impression de cette présentation dans le *Bulletin des séances* (p. 97).

Comité secret

Les membres honoraires et titulaires, réunis en comité secret:

1. Désignent M. J.-P. Harroy en qualité de vice-directeur pour 1976 ;
2. Procèdent à l'élection de MM. A. Duchesne et J. Vanderlinden en qualité de membre titulaire ;
3. Désignent M. J. Jacobs pour représenter la Classe dans la Commission administrative, en remplacement de M. N. De Cleene.

La séance est levée à 16 h 30.

Ludo Rocher. — The Ezourvedam and Christian Proselytism in India

RÉSUMÉ

Un manuscrit français de l'Ezourvedam fut remis à Voltaire, en 1760, par un officier revenant d'Inde. Voltaire croyait enfin posséder la traduction du mystérieux Veda indien, et en fit grand état dans ses ouvrages et sa correspondance. En réalité, il s'agit d'un livre — éminemment intéressant et ingénieux — de prosélytisme chrétien, composé pour mieux convertir les hindous au christianisme.

La communication fait un bref historique de la réception de l'Ezourvedam en Europe, et présente des vues nouvelles sur son origine, son auteur et son titre.

SAMENVATTING

Voltaire ontving een Frans manuscript van de Ezourvedam van een officier met verlof uit Indië, in 1760. Hij was overtuigd eindelijk de vertaling te bezitten van de mysterieuze indische Veda, en maakte er goed gebruik van in zijn werken en correspondentie. In werkelijkheid is de Ezourvedam een — buitengewoon interessant en spitsvondig — product van christen prozelitisme, geschreven om de Hindoes gemakkelijker tot het christendom te bekeren.

De lezing geeft een kort historisch overzicht van de Ezourvedam-receptie in Europa en stelt nieuwe oplossingen voor voor zijn herkomst, zijn auteur en zijn titel.

SUMMARY

In 1760 the chevalier DE MAUDAVE handed VOLTAIRE a French manuscript called *Ezourvedam* which he had brought back from India. VOLTAIRE used this «ancient» and «precious» manuscript

extensively in his writings. It was the first time that Europe had access to the mysterious Indian Veda. Moreover, this Veda contained a surprise: a number of concepts and ideas, which Judaeo-Christian religion claimed as its own, were already present in this ancient book of the Hindus. For a number of years, before and after its publication in 1778 by the baron de SAINTE CROIX, the *Ezourvedam* was quoted again and again, by a variety of writers, as the principal source book on ancient Indian religion.

In 1782 Pierre SONNERAT discussed the contents of the *Ezourvedam* with a Brahmin in India, and found out that they had nothing in common with the real Veda. SONNERAT'S opinion that the *Ezourvedam* was a book of controversy, written by a missionary to convert Hindus to the Christian religion, has been sustained ever since, notwithstanding isolated defenses of its authenticity by, among others, ANQUETIL DUPERRON.

In 1822 Francis W. ELLIS published an important contribution on the *Ezourvedam* in volume fourteen of the *Asiatic Researches*. He described a whole series of pseudo-Vedas, preserved at the former house of the Jesuits at Pondicherry. They were all written on European copybooks, the French text and — wherever present — the Sanskrit text in Roman transliteration face to face.

Numerous writers, after 1822 until today, continue to refer to the *Ezourvedam*. They unanimously agree that it is a Christian fabrication, but they display a most interesting gamut of appreciations. These range from full and enthusiastic approval of the enterprise, both in its scope and its methods, via acquiescence in a «pia fraus», to total disapproval and outrage at such an ignominious «factum.»

From now onward the discussion centers mainly around the problem of the author and the translator of the *Ezourvedam*. Once the early ideas of «an ancient Sanskrit book» translated by a Brahmin servant of the Company had been discarded, two alternatives were left. One theory: an Indian convert to Christianity who knew Sanskrit, appears occasionally in recent literature, but has never found much favor. The other possibility has been far more successful: a European missionary who had studied Sanskrit and knew it well enough to write a whole book in it. Right from 1822 the name of Roberto DE NOBILI makes its appearance, and, notwithstanding serious objections, it continues

to appear even in the most recent writings. In the meanwhile other Jesuit missionaries who are known to have been familiar with Sanskrit have also been credited with the composition of the text; the names that appear most consistently are those of Jean CALMETTE and Antoine MOSAC.

All *Ezourvedam* speculations so far have overlooked one basic fact. In the description of the copybooks which he found at Pondicherry, ELLIS clearly states that, as far as the *Ezourvedam* is concerned, it is «in French only.» However, the premise that a work called *Vedam* had to be written in Sanskrit, and VOLTAIRE's information that the French text was a translation, were so deep-rooted that ELLIS failed to draw the obvious conclusion from his own statement, and that numerous writers have been bold enough to talk about the non-existent Sanskrit text and to discuss and evaluate the quality of its language and poetry. In reality, it is obvious that the French text of the pseudo-Vedas is the original; it was composed eventually to be translated into Sanskrit — or an Indian vernacular —, and subsequently to be used for missionary activities. Besides the fragmentary character of the Sanskrit version — and its total absence in the case of the *Ezourvedam* —, there is also the fact that the French prose is far too fluent and idiomatic to be the result of a translation from Sanskrit.

Once we accept that the *Ezourvedam* was originally composed in French, the problem of its authorship has to be formulated in different terms. All efforts at identifying the author have been based on his having an adequate knowledge of Sanskrit. This is no longer a prerequisite, and the range of possible authors becomes much wider. At least, we may be assured that the author was a European, specifically a Frenchman, rather than an Indian. Besides the idiomatic nature of the French text, there is also the argument that the Sanskrit version, wherever it exists in the other pseudo-Vedas, is not written in an Indian script but in Roman transliteration. Very few Indians would or could do so. Also, the transliteration reflects two different pronunciation patterns of the Indian words. An Indian author would adopt one single pattern, that of his own region; two patterns point to a European author who has lived and worked in two distinct areas of India: Bengal and South India, and who has become familiar with some terms in the first and with other terms in the second. Finally,

there are a number of passages in the text which definitely indicate the author's European background; SAINTE CROIX' approach to delete them as «interpolations by the translator» is not convincing.

It is reasonable to assume that the author was a missionary or, at least, someone closely connected with the French missions. No one else would be interested in composing this kind of texts, or be qualified to do so. And the missionary must have been a Jesuit. The very concept of writing books which would appear to be Vedas, whereas, in reality, they propagated Christian religious principles, fits well in a scheme which, in India, was as old as Roberto DE NOBILI, and which was later to lead to the question of the Malabar rites.

As soon as the true Vedas became known in Europe, one has interpreted the title: *Ezourvedam*, as a corrupt transliteration for *Yajurveda*. This is another aspect of *Ezourvedam* studies which, once it had been established, was never again abandoned or even questioned. Yet, the *Yajurveda* figures in the French text, in the description of the Vedas, with the pure Bengali transliteration: *Zozur*. Moreover, several passages in the *Ezourvedam* make it clear that it was not meant to be one of the four branches of the Veda; it was to be the Veda *par excellence*. Hence, he who created the term *Ezourvedam* had something different in mind than *Yajurveda*. The element *vedam* has, from the eighteenth century or earlier until today, been the Tamil equivalent for «gospel.» I therefore suggest that the element *Ezour*° also be pronounced in the Tamil way, namely: *Y-Ezour*°. The title *Ezourvedam*, like the book itself, was meant to suggest one thing: the Indian title *Yajurveda*, but at the same time to say what it really was: *Jesus-vedam*, or «the Gospel of Jesus.»

January 20th 1976.

J. Vanderlinden. — La révolution éthiopienne — Premier bilan —

RÉSUMÉ

Entre le mois de février et la période actuelle, l'Ethiopie a connu une triple révolution. Sur le plan politique, l'empire autocratique d'Haile SÉLASSIÉ a cédé le pas successivement à une monarchie constitutionnelle mort-née et à un régime militaire aux structures claires en apparence, mais complexes et mal définies en réalité. Sur le plan social la domination des Amhara et de l'Eglise a disparu et sur le plan économique les systèmes traditionnels de tenure foncière ont fait place au «socialisme». Le nouveau régime n'en est pas moins resté aussi intransigeant sur la question érythréenne et face aux oppositions internes.

* * *

SAMENVATTING

Tussen de maand februari en de huidige periode, heeft Ethiopië een drievoudige revolutie gekend. Op het politiek vlak werd het autocratisch Keizerrijk van Haile SELASSIE achtereenvolgens vervangen door een doodgeboren constitutionele monarchie en een militair regime waarvan de structuren schijnbaar duidelijk afgetekend waren, maar die in feite zeer complex en vaag omschreven zijn. Op het sociaal vlak kwam een einde aan de overheersing van de Amharas en de Kerk, en op het economisch vlak werden de traditionele systemen van leenroerig bodemrecht vervangen door «socialisme». Dat belet niet dat het nieuwe regime even onverzettelijk gebleven is inzake de Eritrese kwestie en tegenover intern verzet.

* * *

«La pâte de la révolution est sans prise en Ethiopie» écrivait le 1er mars 1974, le correspondant du *Monde* à Addis Abeba. A ce moment, il y avait exactement onze jours que les premiers incidents qui marqueront devant l'histoire le début de la révolution éthiopienne avaient eu lieu et bien peu d'observateurs voyaient alors en eux l'amorce d'un

«ensemble [d'] événements historiques qui ont lieu dans une communauté importante lorsqu'une partie du groupe en insurrection réussit à prendre le pouvoir et que des changements profonds (politiques, économiques et sociaux) se produisent dans la société» (définition de la révolution dans le *Petit Robert*).

Aujourd'hui par contre, il est possible d'esquisser un premier bilan de cette révolution à laquelle il faudra en fait un peu moins d'un an pour qu'elle s'effectue successivement sur le plan politique, social et économique. Et cependant à côté des transformations profondes qui la caractérisent, des constantes subsistent qui caractérisaient l'action de l'Empire. Il importe de les mettre en relief si l'on veut dresser un bilan, même sommaire, de la révolution éthiopienne.

LES RÉVOLUTIONS

A. *La révolution politique*

La révolution politique s'est effectuée en deux temps, encore que le premier de ceux-ci n'ait duré que l'espace d'un matin. D'un empire absolu dominé par la personnalité de son Souverain, on est passé d'abord à une monarchie constitutionnelle, puis à une république dont le régime politique n'offre qu'une caractéristique certaine à l'heure actuelle: il n'aura aucun point commun avec le régime antérieur au 18 février 1974. Une page couvrant des siècles d'histoire a ainsi été tournée, tandis que disparaissait l'un des derniers empires de notre planète.

Au premier temps de la révolution, soit du 28 février au 15 septembre 1974, une première mutation a lieu: l'empire absolu devient une monarchie constitutionnelle que «récupère» une fraction «libérale» de l'*establishment* éthiopien. C'est le temps d'Endalkachew MAKONNEN. Avant le 28 février en effet, il ne s'était

rien produit sinon une réaction traditionnelle des autorités tendant à satisfaire les revendications matérielles à la fois de l'armée et des couches sociales ou professionnelles qui étaient à l'origine des violences du 18 février. Puis vient l'amorce du virage qui allait mener l'Empire à sa perte: le remplacement d'Aklilu Habte WOLD (premier ministre depuis treize ans) et d'une partie de son équipe, par Endalkachew MAKONNEN. Un jeune noble chasse un vieux fidèle d'origine modeste et s'entoure de contemporains; la génération de 40 ans arrive au pouvoir en Ethiopie. Mais ses ambitions sont à la mesure de ses origines et des privilèges dont elle entend continuer à jouir sous la couverture symbolique, mais efficace pour une grande partie de la population, de l'Empereur. Il s'agit donc bien d'une récupération de l'ancien régime par un groupe «libéral», que ne gêne pas la présence en son sein en qualité de ministre de la Défense du général ABIYE, beau-fils de l'Empereur, ancien président du Sénat et fidèle parmi les fidèles de son beau-père. Dès le 5 mars, l'Empereur annonce une révision constitutionnelle et une commission se met au travail. Le texte résultant de ses travaux ne sera connu que le 6 août, soit cinq mois plus tard très exactement; à ce moment la phase «constitutionnelle» aura pratiquement vécu. Le 1er août ENDALKACHEW, démis de ses fonctions quelques jours plus tôt, aura été arrêté, tandis que s'achevait une vaste entreprise d'isolation de l'empereur, prélude à sa déposition.

Le gouvernement ENDALKACHEW avait cependant réalisé, dans les textes au moins, une première révolution politique. Son projet de constitution contenait en effet une série de dispositions qui peuvent être qualifiées de révolutionnaires. Ainsi:

- Les partis politiques seraient autorisées;
- Un *ombudsman* était créé;
- L'Assemblée nationale constituerait l'autorité suprême pour tout ce qui touche à l'activité législative;
- Le Conseil des Ministres constituerait l'autorité suprême pour tout ce qui touche aux pouvoirs de l'exécutif, et serait responsable devant l'Assemblée;
- Un Conseil judiciaire suprême assurerait l'indépendance de la magistrature, tandis que le recours ultime à l'Empereur était aboli.

Ces quelques dispositions prises dans chacun des grands domaines constitutionnels montrent à suffisance le caractère révolutionnaire du projet de constitution, sur le plan strict du droit public. Il marquait la fin de l'autocratie impériale qui avait caractérisé les soixante dernières années de l'histoire éthiopienne. Il établissait une monarchie parlementaire de type classique, mais le cours des événements devait rapidement le rendre caduc.

Août 1974 est dans l'histoire de la révolution éthiopienne le mois où s'écroulent successivement tous les signes extérieurs du pouvoir d'Haile SÉLASSIÉ. Qu'il s'agisse de sa mise en cause dans la presse, de l'élimination progressive de tous ses fidèles ou de la séquestration de ses biens, le domaine impérial se rétrécit comme une peau de chagrin. Simultanément, les militaires investissent les ministères-clefs et notamment la Défense nationale et l'Intérieur. Au début septembre le décor est posé et l'acte final peut se jouer: le 12 septembre l'armée dépose Haile SÉLASSIÉ I, mettant fin à près de soixante ans de pouvoir absolu sur l'un des plus anciens empires africains. L'Empire n'en disparaît pas pour autant, puisque le prince héritier Asfa WOSSEN est invité à venir occuper le trône dont son père l'avait écarté le 14 avril au bénéfice de son fils, Zera YACOB, âgé de 22 ans. Mais ce n'est là qu'une brève parenthèse. Dès le 15 septembre, une nouvelle commission constitutionnelle est désignée et tout semble indiquer que l'on s'oriente vers un régime sans chef d'Etat désigné, sur le modèle du collectif militaire qui a désormais en mains les rênes du pouvoir. On peut considérer donc que c'est du 15 septembre 1974 que date l'origine de la seconde révolution politique éthiopienne, puisque d'une monarchie constitutionnelle on envisage de passer à la république et même à une république sans président, donc à un pouvoir politique complètement dépersonnalisé. Sans doute n'a-t-on pas encore, à ce moment, formellement aboli la monarchie, mais le mouvement est lancé qui aboutira le 24 janvier à l'annonce que désormais le lion éthiopien ne serait plus «couronné» et le 21 mars à l'abolition de la monarchie. A ce moment la révolution est accomplie sur le plan politique. Il n'en demeure pas moins que cette révolution a été jusqu'à présent uniquement destructrice du passé sans pour autant construire l'avenir. Les travaux de la commission constitutionnelle désignée le 15 septembre

1974 n'ont pas, que nous sachions, abouti jusqu'à présent à la définition d'une structure politique susceptible d'être approuvée par le Conseil administratif militaire provisoire. Celui-ci continue à être la seule «institution» politique éthiopienne et les interrogations qui persistent quant à sa composition exacte, les factions qui s'y affrontent, le rôle qu'y jouent certaines personnalités et son orientation politique ne sont pas faites pour faciliter la tâche de l'audacieux qui se risquerait à vouloir prédire l'avenir politique de l'Éthiopie. L'avenir est donc inconnu, mais que le passé soit par contre révolu est certain; une révolution a donc bien eu lieu.

B. *La révolution sociale*

La société éthiopienne était depuis des siècles fondée sur la prédominance d'un groupe ethnique, le groupe amhara et sur celle d'une confession, la religion orthodoxe de l'Église d'Éthiopie. Au XIX^{ème} et au XX^{ème} siècles, cette double domination avait été étendue aux régions limitrophes de l'Empire traditionnel que ce soit au Sud ou au Nord. Les vastes territoires du pays galla, de l'Ogaden et des confins du Kenya étaient ainsi entrés dans la zone de colonisation amhara-chrétienne et il en était de même pour l'Erythrée dans les vingt-cinq dernières années. Dès ce moment aussi bien la culture amhara que la religion chrétienne étaient devenues quantitativement minoritaires dans l'Empire encore qu'imposées au nom de l'unité nationale à tous les groupes dominés.

Les événements de 1974 vont mettre fin en plusieurs temps à cette prédominance absolue sans que l'Église éthiopienne semble capable de réagir à ce démantèlement de son pouvoir. Dès le 21 avril 1974, les Musulmans manifestent en masse dans les rues d'Addis Abeba en réclamant la mise de leur religion sur un pied d'égalité par rapport à la foi chrétienne. Cette manifestation, impressionnante par sa dignité, n'entraîne aucune réaction comparable de l'Église encore que l'*abuna* ait invité les Chrétiens à manifester à leur tour. Quant à la Commission constitutionnelle, elle prit nettement parti pour un régime de séparation de l'Église et de l'État; ces dispositions furent critiquées par le haut-clergé, mais celui-ci fut rapidement mis au pas par le Conseil militaire. Dès lors plus rien ne s'opposait à ce que le 11 octobre 1974, le

Lion de Judah perdit sa croix; elle fut remplacée à cette date par une lance enrubannée, symbole du nouveau pouvoir établi sur le pays. Le 17 janvier 1975, une proclamation redéfinissait les jours fériés légaux et consacrait trois fêtes musulmanes pour cinq fêtes chrétiennes; l'égalité des deux grandes religions de l'Empire était ainsi reconnue. En ce qui concerne la prédominance des Amhara et de leur culture, la rupture devait être moins nette et ce pour des raisons évidentes: s'il est possible de décider la séparation de l'Eglise et de l'Etat d'un trait de plume, il ne l'est guère de faire disparaître la langue officielle d'un pays. L'amharique conserve donc ce statut, mais, chose impensable sous l'Empire d'Haile SÉLASSIÉ, le gallinya reçoit droit de cité à la radio et dans la presse; un périodique intitulé *L'Aube*, est désormais diffusé en Ethiopie. Ce fait est capital, car il a supposé l'adoption d'un système de transfert du gallinya parlé dans l'alphabet amharique et marque donc de façon définitive la naissance du gallinya écrit toujours repoussée sous l'Empire alors que la méthode de transcription existait déjà à l'époque.

D'une société qui se voulait résolument moniste et assimilatrice, on passe donc à une société pluraliste dans laquelle les croyances et cultures des groupes jusqu'à présent dominés retrouvent des possibilités d'expression. L'événement est d'importance et peut être qualifié de révolutionnaire par rapport à l'époque antérieure. En outre les implications de ce pluralisme culturel sur le plan politique risquent d'être considérables.

C. *La révolution économique*

Le volet économique est le dernier venu de la révolution éthiopienne. C'est fort compréhensible dans la mesure où la tentative de récupération du mouvement militaire par les modérés sur le plan politique ne se serait sans doute pas accompagnée de changements radicaux sur le plan économique. En outre l'attention du nouveau régime s'est d'abord attachée aux superstructures du pouvoir et ce n'est qu'après la disparition de celles-ci qu'il a pu, sous la pression conjuguée des étudiants et des plus progressistes de ses membres, se tourner vers les problèmes économiques. C'est ainsi qu'en décembre 1974, la révolution éthiopienne s'est proclamée «socialiste». Cette déclaration de principe s'est traduite

d'abord par une vague de nationalisations et la constitution de services chargés de la gestion et de la supervision des entreprises publiques (ces nationalisations ne doivent pas être confondues avec celles intervenant dès août 1974 et visant les biens de la famille impériale ou des sociétés dans lesquelles les intérêts de celle-ci étaient importants; dans ce cas et à ce moment, il ne s'agissait pas encore d'une socialisation généralisée de l'économie). Puis est venue la pièce de résistance de la révolution éthiopienne: la réforme agraire. Promise depuis deux décennies par l'Empire et longtemps retardée par les militaires, cette réforme a, elle aussi, révolutionné les structures de l'économie éthiopienne. Fondée sur le principe que la terre est désormais propriété collective du peuple éthiopien, elle réduit la surface exploitable par famille à 10 hectares, interdit l'utilisation de main-d'œuvre agricole par les particuliers et crée des fermes collectives d'au moins 800 hectares. Sans doute est-il prévu qu'en certains endroits des communautés agricoles de type coopératif et de moindre importance pourront être créées, mais ce seront des exceptions par rapport au schéma d'exploitation agricole à travers les grandes unités de production. Cette réforme, radicale à tous égards, détruit toutes les structures existantes en matière foncière. Qu'il s'agisse du régime qualifié de «féodal» caractérisant la domination amhara dans le sud du pays, du régime de petite propriété individuelle caractéristique de vastes parties du haut plateau ou enfin du régime communautaire appliqué notamment dans le Tigre, tous doivent céder le pas aux structures nouvelles. La réforme est donc à proprement parler révolutionnaire pour l'ensemble du pays. Mais ce caractère même permet immédiatement de mesurer avec quelles difficultés sa mise en œuvre sera confrontée. Tout d'abord, sur le plan psychologique, elle va d'une part heurter de plein fouet le caractère individualiste des Amhara et d'autre part décevoir les paysans du Sud qui, ayant peiné depuis un peu moins d'un siècle sous le joug de grands propriétaires absentéistes, aspiraient à la propriété individuelle; le risque est grand de voir dans leur esprit l'Etat prendre la place du propriétaire. Ensuite, sur le plan pratique, la mise en place de grandes unités collectives de production suppose une organisation et des ressources en personnel formé que l'Éthiopie ne possède de toute évidence pas à l'heure actuelle; les bonnes volontés peuvent faire des prodiges, mais un minimum de

connaissances sont requises pour que la réforme franchisse les pages du journal officiel où elle risque d'être enfermée faute d'avoir prévu les ressources indispensables à son succès. Enfin la désorganisation générale du pays et la mise en œuvre des réformes entraîneront vraisemblablement une chute de production qui, non seulement risque de décourager le paysan, mais encore risque de rendre difficile la satisfaction des besoins alimentaires de la population. La famine, qui a été l'une des causes de la révolution, n'a pas cessé d'être présente en Ethiopie depuis 1972. Aujourd'hui, malgré les efforts du nouveau régime, on y meurt toujours de faim et la réforme agraire ne pourra dans l'immédiat qu'aggraver cette situation. Mais une promesse de progrès est contenue dans la destruction des structures d'exploitations dans le sud du pays et c'est sans doute là l'essentiel aux yeux de l'histoire. Les militaires semblaient d'ailleurs conscients des problèmes qu'ils allaient rencontrer; ils ont estimé que mieux valait la voie semée d'embûches d'une révolution agraire, que l'immobilisme si longtemps et énergiquement reproché à l'Empire. Sans doute peut-on trouver bien des vices à leur tentative (notamment son caractère uniforme dans un pays aussi diversifié); elle a le mérite d'exister.

LES CONSTANTES

1. *L'intransigeance nationaliste*

Le mot d'ordre du nouveau régime, «Ethiopie d'abord», marque bien sa vocation nationaliste qui doit contraster avec la façade d'internationalisme soigneusement entretenue sous l'Empire et dont nombre d'observateurs estimaient qu'elle servait de paravent à l'immobilisme intérieur. Mais nulle part cette vocation nationaliste n'est mieux marquée que face aux Erythréens vis-à-vis desquels elle se montre intransigeante. Sans doute, aussi longtemps que le général Aman ANDOM présida aux destinées du Conseil militaire, put-on croire que le gouvernement militaire arriverait à un compromis avec les Fronts de Libération de l'Erythrée. En novembre 1974, après la mort du général à l'occasion de son arrestation (celle-ci aurait été due en partie à son opposition à une intensification de l'action militaire dans sa province natale), la position du Conseil militaire se durcit. Cette évolution

fut encouragée par le fait que les Fronts de Libération avaient pris l'initiative en s'infiltrant dans Asmara, capitale de l'Erythrée. Unis entre eux et se ralliant des fractions de plus en plus importantes de la population et de ceux des Erythréens qui servaient dans l'administration impériale (le général commandant la police provinciale rejoindra ainsi les Fronts de Libération), les mouvements de libération ont également durci leurs positions. En effet s'il n'est pas question pour le gouvernement militaire, tant au nom de la tradition historique que pour la valeur économique que représente l'Erythrée, d'abandonner celle-ci, les nationalistes estiment que la seule solution possible est celle de l'indépendance totale de l'actuelle quatorzième province de l'Ethiopie. On se trouve dans une impasse totale qu'accentue chaque jour l'escalade de la violence. Le nouveau régime a transféré dans la province des forces considérables, tant de l'armée que des troupes blindées et de l'aviation, et la répression a entraîné l'exil de dizaines de milliers d'Erythréens vers le Soudan. En outre le conflit limité jusqu'à présent au nord-ouest de la province s'est étendu le long de la Mer Rouge vers le sud-est, menaçant de couper le haut plateau de tous ses débouchés actuels sur la mer; ainsi le port et la raffinerie d'Assab ont-ils été sans contacts avec Addis Abeba en diverses occasions au cours des années 1974-1975. Ainsi renaît la crainte traditionnelle des Ethiopiens (il serait plus exact de dire des Amhara) de l'encerclement extérieur et notamment musulman. Il n'est en effet un secret pour personne que ce sont les pays arabes qui soutiennent les Fronts de Libération, leur fournissent les armes qui leur permettent de tenir tête à l'armée éthiopienne et servent de base aux mouvements nationalistes; une mosaïque représentant le monde arabe à Damas n'inclut-elle pas l'Erythrée dans celui-ci? Le conflit a donc une dimension internationale qu'il avait déjà sous l'Empire, mais qui s'est accrue avec l'intransigeance des militaires.

2. *La rigueur dans la répression*

Le régime impérial n'avait pas en Ethiopie la réputation d'être particulièrement tolérant avec ses opposants. Qu'il s'agisse des associations rigoureusement contrôlées par le ministère de l'Intérieur, des manifestations estudiantines vigoureusement dispersées

par la police, des syndicats qui au cours de leur brève histoire n'avaient jamais osé ou réussi une grève nationale, des opposants politiques condamnés à l'exil, au chômage ou à l'oubli dans une lointaine province, la force de l'Empire reposait sur sa, ou plutôt sur ses polices et sur l'armée qui garantissaient que l'ordre régnait à Addis Abeba. Et si, d'aventure, le trouble s'installait, la censure gouvernementale veillait et les correspondants étrangers trop indépendants étaient expulsés sans ménagements ni délais.

L'écroulement de l'Empire donna à tous ceux qu'étouffaient les multiples carcans qu'il avait mis en place l'illusion que les libertés fondamentales allaient enfin acquérir leur véritable sens qu'il s'agisse de celle d'association, d'expression ou de manifestation. Ils durent vite déchanter. Bienvenues aussi longtemps qu'elles favorisaient le démantèlement du régime antérieur, les manifestations des groupes d'opposition, principalement des étudiants (ceux-ci réclamaient l'exécution de l'Empereur bien avant sa destitution) et des ouvriers (ceux-ci ont réussi la première et la dernière grève générale de leur histoire en soutien à la révolution éthiopienne), furent rapidement réprimées avec vigueur dès qu'elles dépassèrent les limites acceptables pour le nouveau régime. Ainsi lorsque étudiants et syndicats réclamèrent le retour à un régime civil, des garanties en ce qui concerne le libre exercice des libertés individuelles ou encore des réformes plus rapides et plus radicales que celles qu'envisageait l'armée, non seulement leurs manifestations furent réprimées avec au moins autant de vigueur qu'au temps de l'Empire, mais encore leurs dirigeants furent tout aussi rapidement arrêtés et, dans certains cas, exécutés sous le prétexte qu'ils étaient des «ennemis de la révolution». Aujourd'hui c'est par milliers que les ouvriers et les étudiants bénéficient de l'hospitalité des prisons éthiopiennes, mais surtout de ces camps de la police où les contestataires apprennent, par une vie «active» et un régime «frugal» à vivre de manière disciplinée. Jamais sous l'Empire, la répression n'avait frappé avec tant d'énergie et le pardon impérial, même s'il était loin d'être désintéressé était encore fréquent. C'est ce que doit se dire, dans le Paradis des Ethiopiens, l'ancien commandant de l'Armée territoriale, le général Tadesse BIRU, arrêté sous l'ancien régime pour «conspiration galla», condamné à mort et grâcié, que le nouveau régime a pendu comme «ennemi de la révolution», il y a un an environ. Quant à

la censure, elle règne toujours et le 1er avril 1975, le dernier correspondant permanent d'une agence de presse étrangère était expulsé comme l'avaient été, quelques jours plus tôt, ses collègues coupables de diffuser des dépêches sur la situation en Erythrée ou sur la famine qui persistait dans de nombreuses provinces de l'ancien Empire. En novembre 1974, on a fusillé parmi les notables de l'ancien régime, les responsables de l'Information qui avaient caché au pays et au monde les ravages de la famine; qui fusillera-t-on demain parmi les gouvernants d'aujourd'hui pour cette même raison? Enfin les Ethiopiens ne sortent guère plus de leur pays par des voies légales. Le contrôle sur l'émigration s'est lui aussi renforcé par rapport à ce qu'il était sous l'Empire. Le poids du carcan étouffant les libertés individuelles est donc devenu plus lourd à porter pour l'ensemble de la population éthiopienne et sur ce point le nouveau régime est donc bien le très digne héritier de l'ancien.

PREMIER BILAN

Le premier bilan des révolutions éthiopiennes est relativement simple à faire encore que cette simplicité apparente recouvre des éléments considérables d'incertitude et de complexité. En apparence donc, un mot suffit à caractériser le résultat des deux dernières années: le *chaos*.

Chaos politique d'abord. Qui gouverne à Addis Abeba? A cette question, les observateurs les plus avertis sont bien en peine de répondre. En façade tout est clair. C'est le *Deurg* ou Comité administratif militaire provisoire. Mais qu'est-ce que le *Deurg*? Un ensemble hétérogène de soldats de tous rangs du simple soldat au général), rassemblant, selon les périodes de 120 à quelques dizaines de personnes, dans lequel, nous assure-t-on, toutes les décisions sont prises à la majorité simple et au sein duquel diverses tendances reflétant le pluralisme culturel éthiopien ne manquent pas de s'affronter. En façade toujours, quelques personnalités comme le général TEFERI, président en titre du Comité et ses vices-présidents, au premier rang desquels figure le commandant MENGISTU tandis que le rôle d'éminence grise est attribué au major SISAI. Et puis, régulièrement, on apprend que la cote de

l'une ou l'autre de ces figures de proue est en baisse, pour apprendre le lendemain qu'il n'en est rien. Enfin, derrière cette façade, il y a des civils. Certes, ce n'est pas eux qui ont le dernier mot. Mais quelle influence ne sont-ils, en raison de leur compétence, pas susceptibles d'avoir sur les décisions prises dans tant de domaines de l'activité étatique où, tous comptes faits, les militaires ne sont que des apprentis-sorciers. Ceci à l'échelon central. Mais dans les provinces, qui gouverne encore? Nombre d'entre elles (Begemder, Erythrée, Gojjam, Tigre et des parties du Wollo) sont en rébellion ouverte contre le pouvoir. Dans les autres, les autorités nouvelles sont confrontées à l'opposition des anciens privilégiés sur leur droite et à celle des radicaux (surtout les étudiants) sur leur gauche. Les affrontements armés entre ces groupes sont monnaie courante et l'anarchie, au sens propre du terme, est la règle plutôt que l'exception. On peut donc parler sans ambiguïtés de chaos politique.

Chaos économique ensuite. La réforme agraire, pièce maîtresse de la révolution économique en Ethiopie, a eu un double résultat. Le premier a été de couper le pays en deux en déclenchant une réforme que ne pouvaient accepter les populations du cœur traditionnel de l'Ethiopie, les habitants du haut-plateau qu'ils soient Amhara ou Tigré. Ces régions, entrées en rébellion contre le gouvernement militaire, sont désormais coupées du circuit économique national et s'installent progressivement dans un système d'auto-subsistance qui est loin de constituer un élément positif pour le développement économique du pays. Ces régions dont certaines étaient, déjà sous l'Empire, allergiques à tout changement économique, risquent de s'installer définitivement en marge de la nation éthiopienne. Dans le sud du pays, où la réforme agraire a été bien reçue, puisqu'il s'agissait d'une terre de colonisation de l'Empire, le chaos est réel. En effet, le gouvernement militaire ne disposait ni des hommes ni des moyens d'implanter efficacement les grandes unités de production ou les coopératives prévues par les textes. L'enthousiasme des paysans, stimulés par les étudiants, n'a pu pallier leur inexpérience ; en outre, le manque presque total de coordination dans l'exécution a abouti à un désordre généralisé, générateur d'un déclin sérieux dans la production. La moindre des ambiguïtés n'a pas été celle qui s'est introduite dans l'esprit des paysans quant à la nature exacte de

leurs nouveaux droits sur la terre. Là aussi il semble que la confusion soit totale, les nuances entre «propriété» et «usufruit», «redevances dues au propriétaire» et «taxes perçues par l'Etat» n'étant guère perçues au niveau du paysan. Enfin le militantisme étudiant a conduit en maints endroits à des «excès» qui ont fait disparaître le capital d'expérience extrêmement précieux que pouvait constituer le paysannat moyen constitué par des petits propriétaires locaux ou colonisateurs.

Chaos social enfin. Les bouleversements politiques et sociaux ont entraîné un basculement de la société éthiopienne. Ce n'est plus l'amhara chrétien des hauts plateaux qui est le ciment de cette société. Au contraire, ce dernier se trouve désormais dans la rébellion à la fois sur le plan politique (les anciens gouverneurs mènent dans les provinces du Nord de l'Empire l'opposition au régime militaire et on retrouve parmi eux certains des plus grands noms de la noblesse éthiopienne: Mengesha SYOUM par exemple), sur le plan économique (ces régions de tempérament individualiste ou de petites communautés sont farouchement opposées à la réforme foncière) et sur le plan social (l'influence de l'Eglise est prépondérante dans ces régions et le clergé soutient les opposants au gouvernement «laïc» d'Addis Abeba). La société éthiopienne traditionnelle, celle du Prêtre Jean, d'Axoum, de Gondar, de Lalibella, se trouve ainsi totalement séparée de l'Ethiopie d'aujourd'hui. Reprenant les paroles de Sertorius à Pompée, on pourrait dire en guise de conclusion que «l'Ethiopie n'est plus dans l'Ethiopie».

20 janvier 1976.

**J. Jacobs. — Voorstellen van een werk van
Nyeme Tese (Jean Adalbert):
« Munga, éthique en un milieu africain. »
(Pontifia Universitas Urbaniana, VII + 137 p., 1975)**

RÉSUMÉ

Le présent ouvrage donne un aperçu de la conscience morale chez une population africaine du Zaïre : les Tetela. En particulier le concept *munga* (faute morale) est traité en détail.

Les principales sources de l'Auteur sont la langue et la littérature orale de la population en question. Ces matériaux sont examinés, comme l'Auteur l'exprime lui-même, selon la méthode analytique et phénoménologique.

* * *

SAMENVATTING

Dit werk geeft een overzicht van de problemen in verband met het zedelijk bewustzijn bij een Afrikaanse bevolkingsgroep : de Tetela (Republiek Zaïre). Vooral het begrip *munga* (morele fout) wordt uitvoerig behandeld.

De voornaamste bronnen voor deze studie zijn de taal en de verschillende genres van woordkunst van de behandelde bevolkingsgroep. De gegevens worden, zoals de auteur het zelf mededeelt, op analytische en fenomenologische wijze verwerkt.

* * *

Deze dissertatie waarmede abbé Nyeme TESE het doctoraat in de theologie behaalde, heeft voor onderwerp de studie van het zedelijk bewustzijn bij de bevolkingsgroep waartoe hij zelf behoort, namelijk de Tetela, die in de Republiek Zaïre gevestigd is.

Het werk begint met een beschrijving van het geografisch milieu en van de bevolkingsgroepen die er zich bevinden. Volgens de Auteur leeft bij de Tetela de mens werkelijk in symbiose met de hem omringende kosmos.

Derhalve wordt de kosmologie geanalyseerd met o.a. de rol die de hemel, de zon, de maan, de sterren en de aarde in het leven der Tetela te betekenen hebben.

Binnen de elementen van de zichtbare wereld, bevindt er zich, volgens de Tetela, heel wat onzichtbaars. En naar de mening van de Auteur is het dit onzichtbare dat de realiteiten van de zichtbare wereld bezielt.

Bij de onzichtbare elementen die de gehele kosmos animeren kunnen gerekend worden : het Opperwezen, de goede en de kwade geesten, en eveneens de zielen van de overledenen.

Belangrijk element in de wereld van de Tetela is de medemens in zijn familiale, sociale en politieke functies zoals : de ouders en verwanten ; de genezers, de smeden, enz.; de chefs en de ouderen.

Buiten het clanverband is er in feite geen normaal en evenwichtig leven mogelijk. Het leven dient er te verlopen in een geest van solidariteit. De verhoudingen tussen de mensen worden er uitgebouwd door huwelijken, en door vriendschapsbanden die bezegeld worden door schenkingen.

De rol die de schenking speelt wordt nader bepaald, vooreerst in materiële zin. Verder wordt ook de schenking in affectief opzicht bij voorbeeld t.o.v. verwanten, echtgenoten en kinderen geanalyseerd. Al wat verband houdt met de transmissie van het leven wordt als de grondslag van het morele gedrag bij de Tetela aangezien.

Onontbeerlijk voor het behoud van het leven zijn ook de *dyaango*, d.w.z. de dieren en de planten. Zij staan ter beschikking van de mens. Er dient evenwel van hen een redelijk gebruik gemaakt te worden.

Er dient een harmonische samenhang te bestaan tussen de onzichtbare wereld, de zichtbare wereld en de mens. Deze harmonie wordt dikwijls verstoord door tekortkomingen vanwege de mens. Deze tekortkomingen worden door de Tetela *munga* geheten.

De Auteur analyseert één na één de bijzonderste tekortkomingen of fouten en dit uitgaande van de Tetela-woordenschat. Bij deze fouten zijn er die in alle culturen voorkomen zoals : diefstal,

moord, overspel, gierigheid, jaloersheid. Andere tekortkomingen zijn meer specifiek in bepaalde culturen ; zo bij voorbeeld bij de Tetela en ook elders in Afrika: het niet naleven van verbodsbepalingen.

Er zijn verbodsbepalingen die kunnen voorgeschreven worden door een genezer. Andere taboes kunnen door een bepaald persoon voor zichzelf gekozen zijn. Verder zijn er ook taboes die alle leden van een clan treffen en totemisch zijn. De wetgever van deze taboes is volgens de Tetela het Opperwezen zelf, en elke overtreding ervan is volgens hen moreel verkeerd.

Elke overtreding van een verbodsbepaling kan bij de Tetela onheil veroorzaken in de clan, in de familie en zowel de goederen als de mensen treffen.

Elke overtreding dient hersteld te worden door o.m. offeranden aan geesten, door betalingen aan ouderen en genezers, als ook door het afleggen van een schuldbekentenis. Op deze wijze wil men tot een verzoening komen en alle nadelige gevolgen van een overtreding afweren.

Zoals uit het bovenstaande blijkt, analyseert de auteur dus het zedelijk bewustzijn en in het bijzonder het begrip fout of zonde van het standpunt van een Afrikaanse bevolking. Bevolking bij dewelke ten allen prijs de harmonie tussen *Weltanschauung* EN *Lebenswandel* in acht dient genomen te worden.

In verband met de ideale *Lebenswandel* worden door de Auteur de eigenschappen opgesomd die, naar de normen van de Tetela, een man en een vrouw zouden moeten bezitten. Voor de man komen daarbij o.m. in aanmerking: het evenwichtig oordeel, de gastvrijheid, de vrijgevigheid. Voor de vrouw zijn dit o.m. de trouw, de discretie, het onderlegd zijn inzake opvoeding en huis-houding.

In het slotgedeelte van zijn werk vergelijkt de Auteur de Tetela-moraal met een andere moraal, namelijk de christelijke, en constateert dat er heel wat contactpunten zijn tussen deze beide ethische systemen. Een volledige parallel uitwerken tussen beide ethische opvattingen lijkt de Auteur evenwel moeilijk en voorbarig. Een dergelijke vergelijking uitwerken zou, volgens hem, verdere studie vergen.

Een belangrijke bron voor deze studie is o.a. de taal en de woordkunst geweest. In verband hiermede zegt de Auteur:

Si dans cette étude nous avons tenu à décrire soigneusement la *Weltanschauung* tètela, c'est que pour nous, aujourd'hui plus que jamais, faire de la théologie en Afrique noire signifie avant tout prêter une oreille attentive au langage, à la pensée ainsi qu'aux conceptions philosophiques et religieuses des Noirs africains.

Bij de verwerking van zijn gegevens gebruikte de Auteur, naar hij zelf zegt, de fenomenologische en analytische methode.

Naar aanleiding van zijn onderzoek heeft de Auteur kunnen vaststellen dat er nog maar weinig studies bestaan die de ethica van een Afrikaanse bevolkingsgroep behandelen. Zijn werk is dus wel baanbrekend te noemen.

Dit wijsgerig en theologisch werk van abbé Nyeme TESE vult de reeks van werken aan die door Afrikaanse auteurs als KAGAME, MULAGO, BIMWENYI, KAJIGA en anderen geschreven werden. Deze Auteurs zoeken door hun onderzoekingen en hun geschriften naar de Afrikaanse eigenheid van hun denkleven.

20 januari 1976.

Zitting van 16 maart 1976

Zitting van 16 maart 1976

Séance du 16 mars 1976

Zitting van 16 maart 1976

De H. A. *Rubbens*, directeur van de Klasse voor 1976, zit de vergadering voor.

Zijn bovendien aanwezig: De HH. A. Duchesne, A. Durieux, J. Jacobs, A. Maesen, E.P. A. Roeykens, de HH. J. Sohier, J. Stengers, E.P. M. Storme, de HH. J. Vanderlinden, E. Van der Straeten, leden; de HH. F. Bézy, E.P. J. Denis, de HH. A. Huybrechts, M. Luwel, R. Rezsóhazy, R. Yakemtchouk, geassocieerden, alsook de H. P. Staner, vaste secretaris.

Afwezig en verontschuldigd: De HH. A. Baptist, E. Bourgeois, A. Burssens, E. Coppeters, R. Cornet, P. de Briey, N. De Cleene, V. Devaux, Mw A. Dorsinfang-Smets, de HH. V. Drachoussoff, W. Ganshof van der Meersch, J.-P. Harroy, E.P. G. Mosmans, de HH. L. Pétilion, A. Van Bilsen, F. Van Langenhove, J. Vansina.

« La convention de Lomé - Nouvelle formes de coopération après Yaoundé II »

De H. R. *Yakemtchouk* legt zijn studie voor die bovenstaande titel draagt.

Deze uiteenzetting wordt gevolgd door een bespreking waaraan deelnemen de HH. A. *Huybrechts*, F. *Bézy*, J. *Vanderlinden*, A. *Rubbens* en A. *Durieux*.

De Klasse beslist dit werk te drukken in de *Verhandelingenreeks in-8°*.

De tussenkomsten van de HH. A. *Huybrechts* (blz. 104) en F. *Bézy* zullen opgenomen worden in de *Mededelingen der zittingen*.

J. Thomas: « Le droit de l'entreprise en Tunisie »

De H. A. *Rubbens* stelt aan zijn Confraters bovengenoemde publikatie voor.

De Klasse beslist deze nota te drukken in de *Mededelingen der zittingen* (blz. 105).

De zitting wordt gegeven te 16 h 30.

Séance du 16 mars 1976

M. A. Rubbens, directeur de la Classe pour 1976, préside la séance.

Sont en outre présents: MM. A. Duchesne, A. Durieux, J. Jacobs, A. Maesen, le R.P. A. Roeykens, MM. J. Sohier, J. Stengers, le R.P. M. Storme, MM. J. Vanderlinden, E. Van der Straeten, membres; MM. F. Bézy, le R.P. J. Denis, MM. A. Huybrechts, M. Luwel, R. Rezsóhazy, R. Yakemtchouk, associés, ainsi que M. P. Staner, secrétaire perpétuel.

Absents et excusés: MM. A. Baptist, E. Bourgeois, A. Burssens, E. Coppieters, R. Cornet, P. de Briey, N. De Cleene, V. Devaux, Mme A. Dorsinfang-Smets, MM. V. Drachoussoff, W. Ganshof van der Meersch, J.-P. Harroy, le R.P. G. Mosmans, MM. L. Pétilion, A. Van Bilsen, F. Van Langenhove, J. Vansina.

La convention de Lomé - Nouvelle formes de coopération après Yaounde II

M. R. Yakemtchouk présente son étude intitulée comme ci-dessus.

Cet exposé est suivi d'une discussion à laquelle prennent part MM. A. Huybrechts, F. Bézy, J. Vanderlinden, A. Rubbens et A. Durieux.

La Classe décide l'impression de ce travail dans la collection des *Mémoires in-8°*.

Les interventions de MM. A. Huybrechts (p. 104) et F. Bézy seront reprises au *Bulletin des séances*.

J. Thomas: « Le droit de l'entreprise en Tunisie »

M. A. Rubbens présente à ses Confrères l'ouvrage susdit. La Classe décide l'impression de cette note dans le *Bulletin des séances* (p. 105).

La séance est levée à 16 h 30.

**A. Huybrechts. — Intervention concernant
le mémoire de R. Yakemtchouk, intitulé:
« La convention de Lomé - Nouvelles formes de
coopération après Yaounde II »**

On ne peut que confirmer la conclusion de M. R. YAKEMTCHOUK quant à l'importance de la Convention de Lomé en raison de son ampleur continentale puisqu'elle concerne, à terme rapproché tout au moins, toute l'Afrique noire, de l'inspiration nouvelle qui l'anime et qui est très proche des idées qui se font jour actuellement dans diverses enceintes internationales en vue d'établir un «nouvel ordre économique international», c'est-à-dire un modèle nouveau de relations entre Etats développés et Etats en développement et de certaines innovations intéressantes en matière de coopération. La Convention de Lomé peut jouer un rôle exemplaire, tant au plan des relations internationales qu'au plan régional, pour inspirer d'autres négociations de la Communauté, avec les pays du Maghreb notamment. M. HUYBRECHTS souligne en passant que la préparation de la Convention de Lomé a conduit les Etats ACP à former un front remarquablement uni tout au long des négociations, ce qui pourrait favorablement influencer les progrès ultérieurs de la coopération régionale entre ces pays. Parmi les innovations majeures de Lomé, il souligne son approche globale des problèmes de développement, sa conception intégrée des divers modes d'intervention et la mise en œuvre concertée qu'elle implique. Outre le «STABEX» et l'ensemble des améliorations apportées à la coopération financière et technique, il cite les dispositions en matière de coopération industrielle. Ces dernières constituent un cadre auquel la volonté politique, l'imagination, la persévérance et la clairvoyance des partenaires doivent donner un contenu réel, à la mesure des ambitions proclamées.

16 mars 1976.

**A. Rubbens. — Présentation de l'ouvrage de
J. Thomas: « Le droit de l'entreprise en Tunisie » ***

Une formule efficace et peu exploitée de la coopération au développement se trouve dans la publication d'ouvrages scientifiques sur les problèmes du tiers monde. L'appui des pouvoirs publics aux travaux de recherches et d'études bénéficiant aux pays en voie de développement comme aux pays qui tentent de nouer des relations de coopération féconde avec eux, est sans doute l'aide la plus noble que puisse commander la solidarité des peuples. Le livre de Jacques THOMAS: «Le droit de l'entreprise en Tunisie», me paraît un modèle du genre.

Ce volumineux ouvrage a été publié avec le concours de l'Administration générale de la coopération au développement de Belgique. L'A. définit l'entreprise, en termes de sciences économiques, comme l'entité qui combine des facteurs de production en vue de mettre à la disposition d'autrui des biens et des services. Il constate que, socialement parlant, l'entreprise constitue une institution, possédant une organisation et s'intégrant dans la société nationale et internationale. Cependant, comme la plupart des législations, la loi tunisienne ignore l'entreprise; juridiquement elle ne constitue pas un sujet de droit.

En titrant *le droit de l'entreprise* plutôt que *le droit des affaires*, l'A. annonce sa couleur. En filigrane, la personne morale méconnue apparaît sinon à chaque page, à tout le moins dans le plan de l'ouvrage.

Traitant du sujet en droit positif, l'A. examine la législation concernant les partenaires et les tiers intéressés au fonctionnement de l'entreprise: le propriétaire (individu, société commerciale, établissement public ou mixte) mais aussi le personnel (direction, cadres et main-d'œuvre), les « intermédiaires professionnels » et même les fournisseurs et la clientèle et non moins les pouvoirs publics, responsables du bien général conditionnant la marche de

* THOMAS (Jacques): *Le droit de l'entreprise en Tunisie* (Edit. de l'Ecole nationale d'administration, Tunis, 1971; XLII + 1 133 p.).

l'entreprise, ainsi que des incidences du droit international sur les activités économiques tunisiennes.

L'ouvrage se présente dès lors comme une remarquable encyclopédie des règles de droit régissant toutes les personnes (physiques et morales) concernées par l'entreprise ou pouvant se trouver en relation avec elle. Le droit civil y trouve sa part, particulièrement le Code tunisien des obligations et contrats; le droit commercial y occupe la position centrale, traitant de la qualité de commerçant et des actes de commerce, mais aussi des sociétés commerciales avec une place de choix pour les coopératives auxquelles la politique tunisienne accorde une attention particulière; les entreprises publiques et mixtes qui, malgré leur importance, sont juridiquement « d'exception » sur le fond du droit commun qui est demeuré fidèle au principe de la liberté d'entreprise; les traités internationaux régissant les échanges avec l'étranger; les responsabilités délictuelles et contractuelles. Tout le droit social y trouve sa place, vu spécialement sous l'angle de son incidence sur la production. La fiscalité touchant les entreprises y est traitée avec un soin particulier. Les dégrèvements fiscaux et la politique douanière en vue d'encourager l'expansion économique et en particulier le code des investissements est situé dans la politique du développement. Enfin, la législation sur la faillite et le concordat apportent la solution aux problèmes de « l'échec de l'entreprise ».

Les conflits de doctrine opposant ce droit « moderne » aux principes du droit melkite traditionnel ne sont pas discutés dans cet ouvrage; ils n'ont apparemment plus d'incidence sur les rapports de droit du monde des affaires. A moins qu'à l'instar de ce que l'on a pu retracer dans d'autres pays musulmans, ils ne soient susceptibles d'apporter un jour des solutions originales parfaitement accordées avec les besoins de la société moderne p.ex. en matière de risque, d'imprévision, de lésion ou de revision judiciaire des contacts.

15 mars 1976.

**KLASSE VOOR NATUUR- EN
GENEESKUNDIGE WETENSCHAPPEN**

**CLASSE DES SCIENCES NATURELLES
ET MEDICALES**

Zitting van 27 januari 1976

De Heer *F. Evens*, directeur van de Klasse voor 1976, zit de vergadering voor.

Zijn bovendien aanwezig: De HH. A. Fain, J. Jadin, J. Kufferath, A. Lambrechts, J. Lebrun, J. Lepersonne, J. Opsomer, W. Robyns, P. Staner, R. Vanbreuseghem, M. Van den Abeele, J. Van Riel, leden: de HH. P. Basilewsky, R. Devignat, R. Germain, F. Hendrickx, J.-M. Henry, J. Mortelmans, M. Poll, L. Soyer, J.-J. Symoens, geassocieerden, de H. P. Raucq, correspondent.

Afwezig en verontschuldigd: De HH. B. Aderca, J. Bouillon, F. Corin, M. De Smet, G. de Witte, A. Dubois, P. Janssens, F. Jurion, J. Meyer, G. Mortelmans, L. Peeters.

Begroetingen

De *Directeur* brengt hulde aan zijn voorganger de H. J. *Lebrun*. Hij begroet professor A. DE SCOVILLE, vaste secretaris van de « Académie royale de Médecine » en professor H. VIS, genodigden van de Klasse.

Mededeling betreffende de verkiezing van een nieuwe Vaste Secretaris

Zie blz. 76.

« Situation nutritionnelle en Afrique centrale interlacustre. Le problème démographique »

Professor H. VIS behandelt het hierboven vermeld onderwerp. Hij beantwoordt de vragen van de HH. R. *Vanbreuseghem*, J. *Mortelmans*, J. *Van Riel*, A. *Lambrechts* en M. *Poll*.

De Klasse beslist dit werk te publiceren in de *Mededelingen der zittingen*.

Séance du 27 janvier 1976

M. F. Evens, directeur de la Classe pour 1976, préside la séance.

Sont en outre présents: MM. A. Fain, J. Jadin, J. Kufferath, A. Lambrechts, J. Lebrun, J. Lepersonne, J. Opsomer, W. Robyns, P. Staner, R. Vanbreuseghem, M. Van den Abeele, J. Van Riel, membres; MM. P. Basilewsky, R. Devignat, R. Germain, F. Hendrickx, J.-M. Henry, J. Mortelmans, M. Poll, L. Soyer, J.-J. Symoens, associés; M. P. Raucq, correspondant.

Absents et excusés: MM. B. Aderca, J. Bouillon, F. Corin, M. De Smet, G. de Witte, A. Dubois, P. Janssens, F. Jurion, J. Meyer, G. Mortelmans, L. Peeters.

Compliments

Le *Directeur* rend hommage à son prédécesseur M. J. Lebrun. Il adresse des souhaits de bienvenue au professeur A. DE SCOVILLE, secrétaire perpétuel de l'Académie royale de Médecine et au professeur H. VIS, invités de la Classe.

Communication concernant l'élection d'un nouveau Secrétaire perpétuel

Voir p. 77.

Situation nutritionnelle en Afrique centrale interlacustre. Le problème démographique

Le professeur H. VIS présente une étude intitulée comme ci-dessus.

Il répond aux questions de MM. R. Vanbreuseghem, J. Mortelmans, J. Van Riel, A. Lambrechts et M. Poll.

La Classe en décide la publication dans le *Bulletin des séances*.

« L'épuration des eaux en régions tropicales »

De H. F. Evens onderhoudt zijn Confraters over zijn studie, die bovenstaande titel draagt.

Hij beantwoordt de vragen die hem gesteld worden door de HH. J. Kufferath, M. Poll, R. Vanbreuseghem en J.-J. Symoens.

De Klasse beslist dit werk te drukken in de *Mededelingen der zittingen* (blz. 112).

Geheim comité

De ere- en titelvoerende leden vergaderd in geheim comité, gaan over tot het verkiezen van de HH. P. Benoit, E. Bernard, C. Donis, F. Hendrickx en M. Poll als titelvoerende leden, en van de HH. J.-L. Trochain, A. de Muralt en A.-R. Hoge als correspondenten.

De zitting wordt gegeven te 16 h 30.

L'épuration des eaux en régions tropicales

M. F. Evens entretient ses Confrères de son étude intitulée comme ci-dessus.

Il répond aux questions que lui posent MM. J. Kufferath, M. Poll, R. Vanbreuseghem et J.-J. Symoens.

La Classe décide l'impression de ce travail dans le *Bulletin des séances* (p. 112).

Comité secret

Les membres honoraires et titulaires, réunis en comité secret, procèdent à l'élection de MM. P. Benoit, E. Bernard, C. Donis, F. Hendrickx et M. Poll en qualité de membres titulaires, et de MM. J.-L. Trochain, A. de Mural et A.-R. Hoge en qualité de correspondants.

La séance est levée à 16 h 30.

F. Evens *. — **The Treatment of Waste Water
and the Rehabilitation of Rivers and Lakes by the
« Phallus Process »**

RÉSUMÉ

L'Auteur décrit un procédé original d'aération (Procédé Phallus) utilisable dans les processus d'épuration des eaux usées et la régénération des eaux naturelles de surface.

Il passe en revue les différents domaines d'application du procédé Phallus et décrit les méthodes à utiliser.

Enfin, l'Auteur propose une nouvelle approche dans le problème du traitement biologique des eaux usées.

Il propose de maintenir en parfait équilibre un écosystème naturel complet, grâce à l'aération permanente, réalisée au moyen du procédé Phallus, et de servir comme nourriture à cet écosystème, les eaux usées à épurer.

Les méthodes proposées présentent des avantages au point de vue des investissements, du rendement, de l'entretien et du traitement des boues que l'Auteur a essayé de mettre en évidence. L'absence d'érosion permet d'appliquer l'aération *in situ* dans les ruisseaux, les rivières et les lacs.

* * *

SAMENVATTING

De spreker beschrijft een nieuw waterbeluchtingsprocédé: het Phallus Procédé. Het belang van dit procédé schuilt in het bijzonder hoog rendement dat verkregen wordt en in het feit dat het rechtstreeks kan toegepast worden op beken, rivieren en vijvers.

* Laboratory of Ecology. Rijksuniversitair Centrum, Middelheimlaan 1, 2020 Antwerp (Belgium).

Hij geeft een kort overzicht van de toepassingsmogelijkheden van het procédé in de conventionele waterzuiveringsstations en bij behandeling van verontreinigde rivieren en vijvers.

De spreker benadert tenslotte het probleem van de biologische waterzuivering vanuit een nieuw standpunt: het is gebaseerd op het in stand houden door aëratie en watercirculatie van een volledig aangerijkt aëroob ecosysteem dat gevoed wordt met het afvalwater.

De spreker meent dat het Phallus Procédé samen met de nieuwe benadering van de biologische waterzuivering bijzonder geschikt kan zijn enerzijds voor ontwikkelingslanden en anderzijds voor de economisch armere streken van de ontwikkelde landen.

* * *

SUMMARY

The Author describes a new aeration method (Phallus aeration process) that can be utilized within the frame of waste water treatment processes as well as during the rehabilitation of rivers and lakes.

He reviews the different fields of application and describes the methods that can be used.

Finally the Author proposes a new approach to the problem of waste water treatment. It is based on the concept of feeding the waste water to a complete enriched eco-system, kept in perfect shape by permanent aeration and water circulation, by means of the Phallus aeration method.

The methods proposed in this paper present several advantages (economy, yield, reduced maintenance costs, aerobic sludge digestion) upon which the attention was drawn.

The absence of erosion allows this aeration method to be applied directly into lakes, rivers and their tributaries.

* * *

The increasing need of economic treatment of waste water and of rehabilitation of rivers and lakes, undergoing accelerated de-

gradation, due to man's activities and careless behaviour, stimulated considerable research into the development of various control techniques.

We developed a new aeration technique that can be used in conventional waste water treatment plants as well as directly in the rivers or the lakes.

In our endeavour to improve the economical aspects as well as the final results, we also tried a new approach to the problem of waste water treatment.

This study based on nearly three years field experience is divided in three chapters:

- Description of a new water aeration technique, and means promoting the biological processes involved in waste water purification (Phallus process);
- Applications of the new technique;
- New approach to the problem of waste water treatment based on the new aeration technique.

CHAPTER I

DESCRIPTION OF A NEW WATER AERATION TECHNIQUE AND OF MEANS PROMOTING THE BIOLOGICAL PROCESSES INVOLVED IN WASTE WATER PURIFICATION (PHALLUS PROCESS)

The first paper was published in *Tribune du Cebedeau*: F. EVENS, W. DE SMET, L. MAES: L'épuration *in situ* des eaux de surface polluées — Présentation du « Procédé Phallus » (*Tribune du Cebedeau*, 1975, N° 376, 128-131, fig. 3).

The name is supposed to remind of the form and the revitalizing function of the water jet vacuum pump.

1. AERATION OF WASTE WATER

The aeration of waste waters with the aim of helping along the biological purification processes is known and applied since many years. The ability of water jet vacuum pumps (venturi systems) to aspirate gases or liquids, and to mix them thoroughly with the motive fluid, is utilized in many fields.

We thus feel free not to describe the mechanisms involved. In the aeration by the Phallus technique we distinguish two different but integrated steps:

- the introduction of atmospheric air in the water;
- the retention in the water of the introduced air.

1.1. *Introduction of atmospheric air in the water*

The atmospheric air is aspirated and intimately mixed with the water by a water jet vacuum pump, hanging level in the water at ± 80 cm depth. It is activated by a stream of waste water received under pressure from a centrifugal pump.

The equipment consists of:

- Continuous operating water pump for instance a centrifugal pump, reliable in handling sand and suspended solids;
- Appropriated electrical motor;
- Water jet vacuum pump;
- The suction head of the centrifugal pump, receives its water from a canalisation (pipe), placed under water, on the bottom of the basin or the river bed. The length of the canalisation will determine the volume of water brought into circulation by the activity of the pumps.

(Volume of water between the suction head of the canalisation and the ejector.)

Practically nothing prevents the pipe to have a length of several hundred meters.

The quantities of atmospheric air introduced by this technique depend naturally upon the size and the type of the pump, upon the pressure of the waterstream, upon the characteristics of the water jet vacuum pump and upon the depth at which it operates. Finally atmospheric pressure and water temperature influence also the yield.

Taking the following calculation basis:

- Atmospheric pressure 770 mm Hg;
- Air and water temperature 20 °C;
- Air density = 1,2047 g/liter at 20 °C;
- Volume % of oxygen in atmospheric air = 20,946 %;
- Weight of oxygen in free air = 273 mg O₂/liter.

We find that pumps delivering from 200 m³ to 500 m³ water/hour, at a pressure of 25 m and equipped with water jet vacuum pumps of appropriate dimensions, operating at 80 cm under water, introduce from 386 kg to 870 kg air/hour and utilize from 19 to 53 kW/hour.

The yield is 3,5 - 4,5 kg O₂/kW/hour.

It can be concluded that the yield of the system is very high.

1.2. *The retention, in the water, of the introduced atmospheric air*

Besides introducing large quantities of atmospheric air in polluted waters, there is an unmistakable advantage of increasing the retention time of the air in the water in order to maintain intensive biological activity and to enhance the oxygenation of the organic substances.

In the Phallus process, we increase at will the retention time of the atmospheric air introduced in the water by the way of two structures:

- a canalisation;
- an airtight cap.

1.2.1. *Canalisation*

The canalisation has the form of a cylinder with a circular or an elliptical section.

Both ends are open and it is completely immersed in the polluted water. The frame is made of P.V.C. tubing and it is covered with a strong nylon texture (meshes of 0,5 mm) itself protected by a netlon netting with larger meshes of 1 à 2 cm.

We recommend a canalisation with an overall length of 12 m and a diameter (height) of 1 m. We made it by joining and fixing together four sections of ± 3 m length.

The jet stream of polluted but aerated water delivered by the water jet vacuum pump is injected at one end into the canalisation. This canalisation fulfills a triple function:

- It prevents the erosion of the river bed and banks by the powerful jet stream of the water jet vacuum pump. Indeed the speed of the water column leaving the canalisation under the

pressure of the jet stream is a function of the section of the water jet vacuum pump, and the section of the canalisation. This ratio can be chosen and adapted to the local conditions.

— The canalisation serves as a substrate for an extremely differentiated and densely populated community of aquatic organisms. They live in particularly favourable aerobic conditions, ensuring a very high metabolic rate.

— Finally it increases considerably the contact time between the atmospheric oxygen introduced, and the water, by preventing the air bubbles from leaving the water. Large air pockets develop in the immersed canalisation. Finally the air pierces through the nylon texture covered by the populations of aquatic organisms and arrives under the airtight cap.

1.2.2. *Airtight cap*

The airtight cap, covers the whole length of the canalisation and maintains it completely immersed.

The airtight cap, is like an arched vault of ± 1 m height. The open base accomodates the nylon canalisation.

The frame of the airtight cap is made of protected iron, stainless steel, aluminium, or any other strong construction material. The inside of the frame, in contact with the canalisation, is covered with a double layer of corrugated plastic sheets, that stop all gases piercing through the nylon texture of the canalisation.

The airtight cap, is completely immersed and firmly fixed with a lengthwise slope of 3-4 %. The deepest end (at ± 50 cm depth) situated above the water vacuum pump ejector, is partially closed, while the other end of the airtight cap is fixed at about 15 cm under the water level.

The airtight cap fulfills a fourfold purpose:

— It maintains the nylon canalisation firmly immersed.

— It retains the non utilized fraction of the atmospheric air that pierced the nylon canalisation.

The gases (mainly nitrogen as most of the oxygen was taken up by the waste water during the long contact time in the canalisation), accumulate in the hollow parts of the corrugated plastic sheet, forming large individual bubbles.

The air bubbles travel through the water underneath the inclined airtight cap and escape at the far end whipping up the water surface.

The airtight cap increases thus again the contact time between the atmospheric air and the waste water.

The length of the cap finally determines the operational efficiency of the system.

A cap of 15 m corresponds to an aeration by air bubbling at more than 15 m depth, because the speed of ascending air bubbles is always higher than that of the bubbles sliding under the cap.

— The air bubbles in the canalisation and underneath the cap induce an ascending circulation of the water, completing the main circulation pattern brought about by water pump and ejector.

— Finally the cap, being transparent, favours life on the nylon texture of the canalisation and serves itself as a substrate for the biological environment.

1.3. *Special assets of the Phallus aeration technique*

The major advantages of the Phallus aeration technique can be summarised as follows:

— Pumps and ejectors are very quiet, sturdily built and reliable in handling sand and suspended particles;

— Economical in operation and in maintenance;

— Homogeneous mixing of the atmospheric air with the waste water, used as motive fluid and contact time between air and water increased at will;

— The choice of the location of the suction head and the ejector allows, without energy supplement, to increase, at will, the volume of water treated directly and to obtain the desired water circulation pattern in the basin;

— Finally, the Phallus aeration technique produces no noticeable erosion. It can thus be applied directly in the brooks, rivers, canals and lakes, without any concrete protection of river bed or banks.

2. MEANS PROMOTING THE BIOLOGICAL PROCESSES INVOLVED IN PURIFICATION

Three aspects will be examined:

- The problem of sludge;
- Means helping along the biodegradation of suspended and soluble substances;
- Means favouring the biodegradation of substances poorly or non biodegradable.

2.1. *The problem of mud-sludge*

During aeration experiments by the Phallus technique, in a brook in nature, we observed in the aerated section, no increase in the thickness of the bottom layer, whereas the accumulation of mud was evident in the non aerated upstream part.

Quantitative studies of the macroscopic bottom dwelling organisms (worms and larvae) showed that in the anaerobic upstream part, only one or two macroscopic organisms per m² could be found, whereas in the aerated section of the riverbed, between 40 000 and 56 000 macroscopic organisms/m² were observed.

Qualitative changes in the composition of the benthic populations could also be demonstrated as a function of time and space.

We ascribed the absence of mud accumulation in the aerated part of the brook to the activity of the benthic populations, protected by the oxygen rich water. The Phallus aeration technique in providing a circulation of oxygen rich water, can promote the development of benthic populations so numerous and active, that no sludge accumulates on the river bed.

2.2. *Means furthering the purification of organic waste in suspension and in solution in the water*

Needless to demonstrate that in biological purification processes, the rate of purification is a function of the magnitude of the populations, while the thoroughness of the process, depends mainly upon the diversity of the active organisms.

Because the Phallus aeration technique gave us such a tremendous increase of the benthic populations, we thought it appropriate to increase the populations living in the watermass itself.

It is known since a long time that immersed substrates are rapidly covered with complex communities.

This *Aufwuchs* or periphyton shows changes in quantity and quality in function of time and space, that must not be described here. We choose large surfaces of polyamid texture hanging in the water, parallel with the stream or at small oblique angle.

Substrates of 5 m \times 1 m can be hung at a distance of 10 cm, so that 500 m² of substrates (double surface) can be accomodated in an area of water not larger than 25 m².

A glass-slide (37,50 cm²) immersed during 8 days, gives regularly an *Aufwuchs* of 20 mg dry matter (dried at 105-106 °C) or \pm 0,5 mg/cm². If we admit that polyamid substrates, immersed permanently are covered with 6 times more *Aufwuchs* per cm², that half of this *Aufwuchs* is made up of active living organisms and that the dry matter concentration of the aquatic organisms is 1 %, we find that 1,5 kg organisms live per m² of substrate, that is 3 kg/m² of polyamid texture, because both sides are colonized.

The simplicity of immersing substrates together with the efficiency demonstrated by the substantial increase of the populations, are favourable aspects in the problem of the purification.

2.3. Means favouring the degradation of substances poorly or non biodegradable

We believe that small quantities of Ozone (non sterilizing amounts) introduced by our Phallus aeration technique into an aerobic ecosystem, with high dissolved oxygen content, can open the cyclical chemical structures of some compounds and herewith initiate the possibility of biodegradation.

Although there is no downright proof of our thesis, we believe that the chemical characteristics of Ozone, its application in the field of sterilisation of drinking water, and finally our preliminary experimental evidence will confirm our working hypothesis.

We know that some compounds are poorly or non biodegradable, because of the cyclical structures they contain.

We know that Ozone influences favourably the odor and the smell of water, and that it is an extremely powerfull oxidant, capable of opening cyclical structures. For those reasons we feel our hope justified. Amounts of 0,1-1 mg O_3 /liter may be sufficient.

The production of crude Ozone from atmospheric air is not difficult and the resulting traces of NO_3 and HNO_3 can be utilized by the aquatic ecosystem. In the Phallus aeration technique, the Ozone produced can be sucked in together with the atmospheric air and directly mixed with the water serving as motor fluid.

CHAPTER II

PRACTICAL APPLICATIONS OF THE NEW TECHNIQUE

In our opinion the Phallus aeration technique seems to be an interesting tool in the experimental study of ecotoxicology related to aquatic environments, and in the artificial stream techniques.

As a biologist, I do not feel allowed to venture in the field of the industrial applications of the technique, pH adjustments of effluents excepted. It is evident however, that all industrial biodegradable effluents can be treated by the technique in the same way as waste waters. Winning back solvents, extracting heavy metals or treating non biodegradable or toxic substances of the effluents, are chemical engineering problems.

In the present study we shall briefly describe the applications in the fields of the biological treatment of waste waters, and the rehabilitation of polluted rivers and lakes.

1. PH ADJUSTMENT OF INDUSTRIAL EFFLUENTS

The Phallus aeration technique completed by an automatic system of pH measuring and regulation, not only provides a

fast neutralization of the industrial effluent through the mixture occurring in the ejector and the circulation between the suction head of the pump and the stream of the ejector, but it introduces and retains at the same time large quantities of air (oxygen) in the solution, so as to enhance the acceptability of the effluent for biological treatment or even for delivering into streams.

2. AERATION IN CLASSICAL WASTE WATER TREATMENT PLANTS (activated sludge)

The influence of atmospheric air (oxygen) upon waste waters and upon the process of activated sludge treatment is well known, and it is independent of the aeration method utilized.

The Phallus aeration technique can thus be used in the aeration basins of the classical waste water treatment plants.

Considerable advantages are to be expected:

— The location of the suction heads of the pumps determines the water circulation pattern in the basin and ensures the homogeneous distribution of the oxygen.

Complete and fast mixture of the waste water in the basin is obtained without erosion;

— the retention and contact time of the atmospheric oxygen in the water, is not any more a function of the depth at which the air is introduced, but it depends upon the chosen length of the airtight cap. Although deep basins offer no difficulties, the same efficiency can be obtained with basins of 2 m depth;

— Energy economy of the Phallus process and economy in maintenance are characteristic and certainly not to be neglected.

In treatment plants where very high waste loads occur, one can increase substantially the amount of atmospheric air (oxygen), introduced with the Phallus technique by coupling the air suction head of the ejector with an air-compressor.

The efficiency of the adjunction of an air-compressor, however, ought to be compared with the simple Phallus technique, spending the same total amount of energy.

The Phallus aeration technique can finally also be used as an aeration complement in the classical plants. Indeed the effluent

of classical waste water treatment plants is generally oxygen poor and becomes a burden for the receiving water.

The Phallus aeration technique can be applied directly to the effluent leaving the plant or to the receiving water.

3. REHABILITATION OF POLLUTED CANALS AND RIVERS

Although in theory at least, it is possible to install an adequate number of pumps and ejectors, with which the oxygen need of the canal or the river can be met, it will be in practice more reasonable to treat the water of the polluted collectors and tributaries that feed the canal or the river.

Indeed the biological self purification processes will rehabilitate the polluted river, if only rainwater and oxygen rich effluents are drained into it. However, direct treatment of the canal or the river does not present insurmountable difficulties.

The Phallus aeration equipment can be:

- Suspended under a bridge or fixed into the wall of a Lock-canal;
- Installed on the bank of the river or the canal, so as not to hinder the navigation;
- Fixed on boats (suction head at the stem and ejection towards the stern).

Needless to say that with a constant waterlevel, constructions are easier and more economical.

The suction head of the pumps will always be downstream (200-300 m), and the ejector directed upstream against the incoming polluted water, even when the current of the stream is weak.

In this way a permanent circulation of aerated oxygen rich water is established between the suction head of the pump and the jet of the ejector. The intensity of the circulation is determined by the power and the capacity of the pump and the ejector.

In this permanent circulating volume of aerated water, a biological barrier arises, in which, through the large number of different habitats, a complete diversified aquatic ecosystem develops.

The purification process is neither limited to the bacterial flora, nor confined to the place of active aeration, nor stopped after a preset time schedule. If sufficient oxygen remains permanently available, the most different chemical-biochemical reactions and biological metabolisms will develop under the influence of the large variety of organisms, actively growing in the ecological gradients of the ecosystem.

The purification will continue, farther downstream, as long as sufficient amounts of oxygen are available, whether introduced by the aeration system, or produced by physical diffusion or phytoplankton assimilation.

The biological barrier consisting of the aerobic aquatic ecosystem acts as a large plant, in which the incoming polluted water is gradually diluted in the oxygen rich water, metabolised by an army of different organisms and finally purified, it leaves the biological barrier as a more or less natural oxygenated water, beneficial to aquatic life.

4. REHABILITATION OF LAKES

The Phallus aeration technique can be utilized with the same efficiency for the rehabilitation of shallow or deep lakes.

The ejectors are placed right opposite the inflowing polluted waters, in order to dilute and to treat immediately the polluted influent and to prevent the development of an anaerobic zone in the lake.

The place of the suction heads of the centrifugal pumps will determine the water circulation pattern in the lake.

Three main patterns can be realised:

a) Circulation of the superficial layers (epilimnion), when the suction heads are maintained at small depth;

b) Total circulation of the lake waters, when the suction heads are placed near the lake bed in the hypolimnion;

c) Eventually both types of water circulation can be achieved simultaneously on a rough quantitative basis, provided several pumps are utilized.

Immersed substrates, as already described above, can be utilized in rivers and lakes in order to increase the biological activity and accelerate the purification process.

5. TREATMENT OF WASTE WATERS IN OPEN TRENCH SEWER SYSTEMS OF DEVELOPING REGIONS OR COUNTRIES

The Phallus aeration technique provides satisfactory and economical solutions for the problems of waste water treatment in developing countries and in the rural areas of many developed countries.

For the first the Phallus aeration technique allows direct treatment in the open trenches, while for the second the lack of concentration of the waste water is sometimes a handicap that can easily be overcome by the Phallus aeration technique.

The absence of erosion, the efficiency of the system and finally the simplicity of operation and maintenance, together with the sturdiness of the equipment, are particularly favourable aspects in those special circumstances.

CHAPTER III

NEW APPROACH TO THE PROBLEM OF WASTE WATER TREATMENT BASED ON THE NEW AERATION TECHNIQUE

PRESENT SITUATION

From the biological point of view, two basic ideas govern the numerous different waste water treatment modalities.

A. Treating waste waters at the expense of natural waters

Waste waters are drained into oxygen rich natural waters (canal, river, lake) and it is hoped that the complete ecosystem of the receiving water, will neutralize and metabolize the pollution load through the natural aerobic self purification process, within a more or less short time and without major inconveniences (odor, toxicity).

In reality we act at the expense of the natural water.

The dissolved oxygen supply is rather small and the physical oxygen transfer and diffusion processes into the deeper layers of the natural waters are slow. So when we drain the waste waters and start with consuming part or even all the oxygen of the aerobic receiving system, killing an important part of the biological entity and causing bad health and disease to the remaining fraction, we may hardly expect a tremendous purification activity by the surviving organisms.

From the biological point of view, it's like first beating someone soundly and then asking for the cooperation of the victim.

B. Direct biological treatment of the waste waters

Most classical waste water treatment plants belong in this category. We utilize and develop the small and unbalanced fraction of the ecosystem of a natural water, that is available in the waste water.

The biological activity is directed towards rapid population growth and thus more, towards nutrient transfer than nutrient oxidation. Nutrient transfer and population growth definitely reduce the polluting organic load of the water, but only as far as the produced biomass together with the suspended particles are withdrawn.

Instead of being absorbed in the food web and progressively metabolized into high grade food, we turn the nutrient with the biomass into sludge that is more or less successfully treated afterwards.

NEW APPROACH

The Phallus aeration technique allows a new approach to the problems of waste water treatment and the treatment of sludge.

It allows the progressive transformation of large volumes of anaerobic waters into permanent oxygen rich and equilibrated aerobic ecosystems.

During experiments in a natural, heavily polluted, brook, feeding several small lakes, we observed that the biological barrier, generated by the Phallus aeration process, developed and diversi-

fied progressively and that the oxygen rich effluent gradually supported aerobic life downstream.

Our new approach to the problem of waste water treatment is based on a three year long experimentation in nature.

We propose, if necessary, to transform into a complete aerobic, or to maintain in perfect equilibrium, a complete aquatic ecosystem incorporating all the natural producers, consumers and decomposers, to which life is secured by the permanent circulation of oxygen rich water, provided by the Phallus aeration technique and to feed the waste water to this aerobic ecosystem.

We expect of this natural self regulating ecosystem not only the purification of the polluted water, with its suspended solids, but also the gradual build up through the food web, of high grade biological usefull material as fishes and aquatic birds, that can be harvested.

PRACTICAL REALIZATION

Three different parts are to be distinguished.

1. The preparation of the waste waters.
2. The discharge of the waste water into the aerobic ecosystem or aeration basin.
3. The discharge of the effluent into a receiving water.

1. *The preparation of the waste waters*

All coarse solids, suspended soil particles and sand must be removed from the waste waters.

Combined with shredding devices, the coarse rakings and screenings can be converted into fine solids that can be deposited or incinerated while suspended soil particles and sand are removed by plain sedimentation.

Different modalities are currently utilized in the waste water treatment plants. Their description is superfluous here.

2. *The discharge of the waste water into the aerobic ecosystem*

Crude waste water, without coarse solids and without sand is continuously discharged into the aerobic ecosystem.

Gravity aerators (cascade type) are always beneficial as well at the entrance as at the outlet of the aerobic ecosystem or aeration basin, then they provide an increase of the dissolved oxygen content up to 0,5 mg/liter without any energy expenditure.

2.1. *Aeration basin*

The Phallus aeration technique safeguards the river bed/banks, or the lake shore. It can thus be applied to an earthwork, trench or pond, without any concrete construction.

The easiest solution can be found in a trench or a pond with a constant waterlevel.

If there is any fear of seepage and contamination, the bed and the banks can be covered with polyethylen, polyvinyl sheets or polyamid texture. Besides the low unit cost of those earthwork reactors, they have in our opinion, the potential for several advantages not shared by the conventional concrete reactors.

— An earthwork is an excellent chemical buffer system fostering the efficiency and the reliability of the biological treatment;

— It is the natural habitat, the culture and conservation site for all waterliving organisms and it ensures at the right moment the optimal seasonal composition of the ecosystem.

The size and the shape of the aeration basin becomes important when one seeks to reduce the volume of the aerobic ecosystem, receiving the waste water.

If a large pond or a lake is utilized, it will be easy to introduce by the Phallus aeration technique, the amount of oxygen necessary for the oxidation of the waste, while the nutrients will be distributed throughout the water, by means of the partial or total circulation generated by the pumps (see above). The high dissolved oxygen content will favour the oxidation and the nutrient transfer in the food web.

As the volume of the discharged waste waters will be small, compared with the lake, no other effluent receiving water will be needed.

The reduction of the size of the aerobic ecosystem, receiving the waste water, forces us:

- to look for a large reservoir or a river liable to receive the effluent of the aeration basin;
- to shape the aeration basin itself.

2.1.1. *Size and shape of the aeration basin*

Although we had excellent results with a 500 m³ aerated brook section, during our experiments in nature, we believe that, for a waste water treatment plant, the aeration basin ought to measure at least 2 500 to 3 000 m³.

Larger aeration basins are no objection (see above).

There is probably a minimum ratio between the size of the aerobic ecosystem, receiving the waste water, and the volume and the organic load of the waste water.

We advocate an aeration basin with the shape of a snake, with a large head, a relatively long thin body and close set meanders. It receives the waste water and discharges the effluent by means of cascade type gravity aerators, that at the same time ensure the stability of the water level.

Depth of the water in the whole system: 2 m.

Head - Breadth: 12-15 m.

Length: 30 m.

Body - Breadth: 5 m on the bottom.

Length: 200 m or more.

Although a deeper water is not a disadvantage, there is no need to, as the efficiency of the aeration depends finally upon the length of the airtight cap. The suction head(s) of the pump(s) is always situated at the outlet, downstream, and the ejector jet at the entrance, directed upstream against the incoming waste water, so as to provide a permanent and intensive circulation of the total watermass.

2.1.2. *Aerobic purification process*

The Phallus aeration equipment, described above, is fixed under a bridge situated at the head of the trench.

The size of the pumps and the ejectors will be related to the amount of oxygen, necessary to ensure the immediate oxidation of the organic load, so that no dissolved oxygen sag occurs in the system.

The circulating oxygen rich watermass of the aeration basin forms the complete and permanent aerobic ecosystem with all natural producers, consumers and decomposers. It receives the waste water, it acts by means of its in time and space diversified populations and food webs, as a purification plant and it discharges a purified and oxygen rich effluent.

Two main aspects are to be distinguished:

- Direct chemical oxidation reactions and the formation of complexes;
- Biological transformations and nutrient transfer.

2.1.2.1. Direct chemical oxidation reactions and the formation of complexes

The direct chemical oxidation reactions depend upon the concentrations of the dissolved oxygen in the receiving water and also upon the more or less homogeneous distribution of the oxidizable material in the medium. Both conditions can be optimized by the Phallus technique.

It ensures the more or less even distribution of the oxidizable material, through the permanent intensive circulation of the total watervolume of the ecosystem. It realizes a high dissolved oxygen content throughout the ecosystem and it sets up a very high oxygen concentration in the ejector itself, through which regularly the water of the ecosystem is pumped, since the amount of atmospheric oxygen, aspirated by the ejector, exceeds markedly the quantity that remains dissolved in the water.

The bed and the banks of the earthwork reactor further the formation of chemical complexes and contribute to the appropriate physico-chemical equilibrium of the ecosystem. It is indeed a common experience that pH and conductivity remain much more stable in aquaria with a mud layer than without.

2.1.2.2. Biological transformations and nutrient transfer

A large fraction of the introduced atmospheric oxygen is utilized by the biological community during the decomposition and the metabolism of the organic pollutant load.

It is known that:

— The rate of decomposition of an organic pollutant load is a function of population size and quality while;

— The perfection of the purification depends essentially upon the balanced diversity of the biological community in the ecosystem.

The activities of the biological community are carried on in two very different but interdependent environments:

- The mud and sludge deposits on the bed;
- The watermass itself.

Each medium has its more or less specific populations.

2.1.2.2.1. Mud and sludge deposits on the bed

The suspended organic particles of the crude waste water, drained into the aerated section of the system, are partly oxidized and distributed throughout the ecosystem by the forced water-circulation, provided by the centrifugal and water jet vacuum pumps.

Through gravity, chemical precipitation and biological flocculation, the settleable solids are deposited as mud and sludge over large areas.

Our experiments with the Phallus aeration technique established that the size of the bottom dwelling and scavenging populations, was considerably increased in the aerated ecosystem, probably matching the food supply.

Although with the Phallus aeration technique, the sludge-water interface is by no means static, the influence of the dissolved oxygen in the overriding waters, and the activity of the bottom dwelling and scavenging organisms, are nevertheless confined to the more superficial strata.

If the rate of the deposits is increased, the deeper layers, not fully decomposed, become anaerobic.

In the system, proposed by us, the bottom surface of the aerated section, over which the deposits occur, and upon which the numerous populations of bottom dwelling and scavenging organisms live, is of paramount importance if the accumulation of sludge is to be avoided.

Accepting the following data for our calculations:

Suspended organic solids in waste waters: 90 g/person/day.

Density of the suspended solids: 1 or more.

BOD₅: 42 g/person/day (*Water and Waste Water engineering*, p. 20-15).

We find that 1 000 persons provide per day a deposit 1 mm thick over an area of 100 m².

If we assume that:

— The activity of the bottom dwelling and scavenging organisms can be carried on in a layer 25 to 30 mm thick, provided the overriding water remains oxygen rich;

— The aerobic decomposition takes also 25 to 30 days, just as the anaerobic digestion.

We find that the daily deposits of 1 000 persons require a surface of 100 m², and that there will be no accumulation of sludge as long as the activity of the bottom dwelling and scavenging organisms is ensured by the cover of the oxygen rich water.

The maximum daily benthic oxygen demand (formula *Water and Waste Water Engineering*, p. 33-14), amounts then to 75 g O₂/m²/day.

As a matter of fact, we believe reality to be still more favourable.

— Because about 1/3 of the suspended solids in the raw waste water do not settle and are digested in the overriding water;

— Because the rate of decomposition during the first days is considerably faster;

— Because very fine particles, resulting from partial digestion will be churned up by the circulating water, be resuspended and submitted to further degradation in the overriding water itself.

However, some substances are poorly or even non biodegradable. This "resistant fraction" will gradually form a deeper anaerobic layer. It is only when both processes, aerobic and anaerobic, do not succeed in the degradation of the "resistant fraction" that real accumulation occurs. The time required of this real accumulation must probably be measured in years before requiring the dredge.

2.1.2.2.2. Overriding water mass

We have shown that large surfaces of polyamid texture, hanging in the water, can be utilized as substrates by the aquatic flora

and fauna. They provide the habitat for dense populations of *Aufwuchs* or periphyton, that increase the rate of decomposition and purification.

From the point of view of the engineer, it would be desirable to correlate the total surface of the immersed substrates with the waste load.

For a biologist, conscious of the natural equilibria and the phenomena of crowding and competition the correct answer seems to be very difficult and of no direct practical use.

The substrate surface must be as large as possible in order to obtain a maximal increase and diversification of the populations, while the self regulating mechanisms of nature will provide the right balance.

This policy is the more easy to adopt as the resulting expenses are small.

2.1.2.2.3. Ozonisation

We remind the reader of the possibility of initiating the biological degradation of substances, that are known to be poorly or even non biodegradable by the utilization of small non sterilizing amounts of Ozone, introduced in an oxygen rich medium.

2.2. *Influence of seasonal temperature changes upon the water purification processes induced by the Phallus aeration technique*

The response rate, to varying temperatures, of chemically and biologically activated processes, is generally identified by the van 't Hoff-Arrhenius equation.

Proof of this was also found in the maturation process of trickling filters and in the development of the bacterial biomass.

It is questionable, whether the modality of waste water treatment proposed by us, will not be influenced in the same way and to the point that the purification process would be stopped during the cold winter season.

The following observations and considerations inspire confidence:

1. In the classical waste water treatment plants, there is a very small diversity of populations active in the purification process, and the composition of the community is relatively stable during the whole year.

In the aerobic, aquatic ecosystem that is utilized by us, there is a very large diversity of populations, representing the whole range from Bacteria and fungi up to worms and crustacea and fishes, and those populations change with the different seasons.

There is every reason to presume that their activities occur at different temperature optima and that their purification potentialities are different and cover a wider range than generally accepted.

If the activity of each individual species follows the van 't Hoff-Arrhenius equation, there is however at present no reason to believe that the purification activity of the cold adapted organisms, observed during the winter, is lower than that of the thermophiles occurring during the summer.

2. The oxygen resources of the aerated receiving aquatic ecosystem, increase substantially during the cold season (There is an increase of $\pm 30\%$ between 25°C and 4°C). The higher dissolved oxygen concentrations may influence favourably the chemical and biochemical reactions and provide the appropriate environmental situation for the optimal activity of the cold adapted organisms.

3. During the last winter we observed very many gas bubbles in the ice layer, covering the immersed polyamid substrates. In our opinion they are proof of the permanent activity of the bottom dwelling and scavenging organisms. It must be mentioned that the watermass, directly influenced by the ejector, was never covered with ice.

On the other side, the quality of the effluent did not suffer in any way during the wintermonths.

The above observations correspond with the good results obtained in the Netherlands with the ice covered oxidation ditches.

In our opinion, we may conclude that in an aerobic ecosystem with a permanent high dissolved oxygen concentration the overall conversion rate of the waste, during the wintermonths, is not seriously decreased.

3. *Effluent receiving reservoir*

Unless a lake is aerated and utilized as the waste water receiving aerobic ecosystem, there is a need for an effluent receiving reservoir. This reservoir can be a lake, a river or a canal.

Because the effluent is the overflow of the permanently aerated aerobic ecosystem, it is oxygen rich and beneficial to aquatic life.

No special difficulties were observed.

CONCLUSION

The Phallus aeration technique, with its specific characteristics and potentialities, is the central core of a new approach to the treatment of waste water. Instead of treating the waste water and drain the effluent to a more or less instable or even overburdened natural water, we propose to feed the waste waters to a healthy and complete aerobic ecosystem (or if necessary to first bend the polluted ecosystem towards a healthy water), incorporating all the natural producers, consumers and decomposers, to which life is secured by the continuous introduction of sufficient amounts of oxygen by the Phallus technique.

We expect of this natural self regulating ecosystem not only the purification of the polluted water, with its suspended organic solids, but also the gradual build up through the different food webs of high grade biological usefull material, as fishes and aquatic birds that can be harvested.

Nearly three years long experimentations in nature corroborate our expectations.

The major advantages of the described solutions can be summarized as follows:

- Simplicity and economy of construction and equipment;
- Direct aerobic treatment of suspended organic solids;
- Oxygen rich effluent;
- Complete automatization is possible.

We hope that the logic of our proposals might inspire fellow scientists, so that some parameters can be fixed more precisely. Experimentation however is not easy nor simple, as the Phallus

aeration technique does not allow small scale laboratory experiments.

It is a pleasure for me to thank my assistants, Dr W. DE SMET and Drs L. MAES, who will publish the detailed results of their investigations, and all my collaborators technicians and helpers for their unremitting interest and assistance.

January 27th 1976.

Zitting van 23 maart 1976

Séance du 23 mars 1976

Zitting van 23 maart 1976

De H. F. Evens, directeur van de Klasse voor 1976, zit de vergadering voor.

Zijn bovendien aanwezig: De HH. A. Fain, J. Jadin, J. Kufferath, J. Lebrun, J. Lepersonne, G. Mortelmans, J. Opsomer, W. Robyns, P. Staner, R. Vanbreuseghem, M. Van den Abeele, J. Van Riel, leden; de HH. B. Aderca, E. Bernard, F. Corin, M. De Smet, R. Devignat, R. Germain, F. Hendrickx, M. Homès, L. Peeters, M. Poll, J.-J. Symoens, R. Tavernier, geassocieerden.

Afwezig en verontschuldigd: De HH. P. Basilewsky, P. Benoit, J. Bouillon, G. de Witte, C. Donis, A. Dubois, J.-M. Henry, P. Janssens, F. Jurion, A. Lambrechts, J. Meyer, J. Mortelmans.

De *Directeur* verwelkomt de H. E. HOGE, werkleider in het Koninklijk Meteorologisch Instituut, specialist in magnetodynamiek en paleomagnetisme, en die door de Klasse werd uitgenodigd.

« Mission géophysique au Kenya dans la Great Rift Valley et à l'est du Kilimanjaro »

De H. E. HOGE onderhoudt de Klasse over zijn recente zending in Kenya in de Great Rift Valley en ten oosten van de Kilimanjaro.

Hij beantwoordt de vragen die hem gesteld worden door de HH. A. Fain en J.-J. Symoens.

« Sur quelques herbiers du XVII^e siècle conservés à la Bibliothèque royale Albert I^{er} à Bruxelles »

De H. J.-E. Opsomer onderhoudt zijn Confraters over enkele herbaria uit de XVII^e eeuw die bewaard worden in de Koninklijke Bibliotheek.

Deze uiteenzetting wordt gevolgd door een bespreking waaraan deelnemen de HH. M. Van den Abeele, J. Lebrun, W. Robyns, P. Staner, en J.-J. Symoens.

Séance du 23 mars 1976

M. F. Evens, directeur de la Classe pour 1976, préside la séance.

Sont en outre présents: MM. A. Fain, J. Jadin, J. Kufferath, J. Lebrun, J. Lepersonne, G. Mortelmans, J. Opsomer, W. Robyns, P. Staner, R. Vanbreuseghem, M. Van den Abeele, J. Van Riel, membres; MM. B. Aderca, E. Bernard, F. Corin, M. De Smet, R. Devignat, R. Germain, F. Hendrickx, M. Homès, L. Peeters, M. Poll, J.-J. Symoens, R. Tavernier, associés.

Absents et excusés: MM. P. Basilewsky, P. Benoit, J. Bouillon, G. de Witte, C. Donis, A. Dubois, J.-M. Henry, P. Janssens, F. Jurion, A. Lambrechts, J. Meyer, J. Mortelmans.

Le *Directeur* adresse des souhaits de bienvenue à l'invité de la Classe, M. E. HOGE, chef de travaux à l'Institut Royal Météorologique, spécialiste en magnétodynamique et en paléomagnétisme.

Mission géophysique au Kenya dans la Great Rift Valley et à l'est du Kilimanjaro

M. E. HOGE entretient la Classe de sa récente mission au Kenya dans la Great Rift Valley et à l'est du Kilimanjaro.

Il répond aux questions que lui posent MM. A. Fain et J.-J. Symoens.

Sur quelques herbiers du XVII^e siècle conservés à la Bibliothèque royale Albert I^{er} à Bruxelles

M. J.-E. Opsomer entretient ses Confrères de quelques herbiers du XVII^e siècle qui sont conservés à la Bibliothèque royale.

Cet exposé est suivi d'une discussion à laquelle prennent part MM. M. Van den Abeele, J. Lebrun, W. Robyns, P. Staner et J.-J. Symoens.

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

**« Etudes complémentaires sur la fumure
du maïs en Afrique centrale »**

De H. M. Homès zet de resultaten uiteen van nieuwe studies over de bemesting van de maïs in Centraal-Afrika.

Hij beantwoordt de vragen die hem gesteld worden door de HH. F. Hendrickx en M. Van den Abeele.

De Klasse beslist deze nota te publiceren in de *Mededelingen der zittingen* (blz. 167).

Jaarlijkse wedstrijd 1978

De Klasse beslist de eerste vraag van de jaarlijkse wedstrijd 1978 te wijden aan de geologie en de tweede aan de entomologie.

De HH. J. Lepersomme en G. Mortelmans enerzijds, evenals de HH. M. Poll en P. Basilewsky, anderzijds, worden aangewezen om de tekst van deze vragen op te stellen.

De zitting wordt gegeven te 16 h 30.

La Classe décide de publier ce travail dans le *Bulletin des séances* (p. 142).

**Etudes complémentaires sur la fumure
du maïs en Afrique centrale**

M. M. *Homès* expose les résultats obtenus par de nouvelles études sur la fumure du maïs en Afrique centrale.

Il répond aux questions que lui posent MM. *F. Hendrickx* et *M. Van den Abeele*.

La Classe décide de publier cette note dans le *Bulletin des séances* (p. 167).

Concours annuel 1978

La Classe décide de consacrer la première question du concours annuel 1978 à un problème de géologie et la deuxième à un problème d'entomologie.

MM. *J. Lepersonne* et *G. Mortelmans*, d'une part, ainsi que MM. *M. Poll* et *P. Basilewsky*, d'autre part, sont désignés pour rédiger les textes desdites questions.

La séance est levée à 16 h 30.

J.E. Opsomer. — Sur quelques herbiers du XVIIème siècle conservés à la Bibliothèque Royale Albert Ier *

RÉSUMÉ

La Section des Manuscrits de la Bibliothèque royale Albert Ier possède une collection d'herbiers du XVIIème siècle: au total quinze volumes. Ils présentent la particularité remarquable pour l'époque de contenir un nombre important de plantes exotiques, le pourcentage atteignant jusque 46 % dans un des herbiers, provenant du Collège des Jésuites de Bruxelles. Pour l'ensemble on dénombre quelque 200 espèces exotiques. Le relevé de celles-ci est donné, avec l'indication des noms scientifiques modernes.

* * *

SAMENVATTING

De Afdeling Handschriften van de Koninklijke Bibliotheek Albert I bezit een verzameling herbaria van de XVIIde eeuw: te samen vijftien banden. Merkwaardig voor deze tijd is het feit dat ze een belangrijk aantal uitheemse planten bevatten. Het percentage bedraagt n.l. 46 % in een van deze herbaria, afkomstig van het College der Jesuïeten te Brussel. Voor het geheel zijn er een 200-tal vreemde soorten. Een overzicht van deze planten wordt gegeven, met vermelding van de moderne wetenschappelijke namen.

* * *

Il y a quelques années, nous avons eu la surprise de trouver dans une liste des manuscrits botaniques de la Bibliothèque royale

* Un résumé de cette étude a été présenté au 42ème Congrès de la Fédération archéologique et historique de Belgique, Malmedy, 29 juillet - 6 août 1972, dans la Section d'Histoire des Sciences et des Techniques.

de Belgique [1]* une série de vrais herbiers. Ce n'est que récemment cependant que nous avons eu le loisir d'examiner ces « manuscrits » qui portent les numéros 5862 à 5873, 5882, 5883 et II-5046 dans les inventaires de la Section des Manuscrits.

A l'exception du dernier, ils sont mentionnés dans le tome II de l'Inventaire des Manuscrits scientifiques de la Bibliothèque royale établi en 1971 par M. Roger CALCOEN, attaché scientifique au Centre national d'Histoire des Sciences [2].

Vers le milieu du XIX^e siècle, J. CAROLUS a fait un premier examen de ces manuscrits et de quelques autres herbiers anciens conservés en Belgique. Il a transcrit la plupart des listes de plantes contenues dans ces herbiers, mais n'a pas donné la concordance avec les dénominations scientifiques modernes [3]. Nous pensons qu'aucune autre étude détaillée ne fut faite avant celle que nous avons entreprise.

Dans la présente communication, nous nous sommes limité aux herbiers de la Section des Manuscrits [4]. Nous n'examinerons cependant pas en détail les quinze volumes que comporte la collection, préférant nous arrêter aux plus importants et en particulier aux plantes exotiques, tropicales ou subtropicales, qu'ils contiennent. En fait c'est l'herbier 5862 que nous avons étudié de la façon la plus approfondie. Procéder différemment résulterait en de nombreuses répétitions, surtout évidemment dans l'énumération des espèces. Il est d'ailleurs toujours loisible de se reporter aux listes publiées par J. CAROLUS.

Ms 5862.- COLLEGIJ SOCIETATIS JESU BRUXELLIS MB 1666.
HORTUS HYEMALIS CUM PLANTARUM SYNONYMIA.

Cet herbier provient du Collège des Jésuites à Bruxelles. Il date de 1666 et comporte 2 + 103 + 4 feuillets, dans une reliure en plein cuir, au format 41 x 28 cm. Le folio 2 porte une brève introduction signée du monogramme A.C.L. [5]. Les folios 2 v^o et 3 sont occupés par une liste de 120 botanistes. Les quatre derniers feuillets donnent la liste des plantes composant l'herbier. Les échantillons sont collés sur les pages de droite, celles de gauche portant diverses indications, synonymes, etc. Les feuillets sont

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

renforcés sur leurs bords par des bandelettes du même papier, d'environ 1 cm de largeur, cousues. L'herbier a comporté au total 290 plantes. Le nombre d'espèces est cependant moins élevé, car il y a des doubles et des variétés; les deux premières plantes manquent et les quatre dernières ne portent pas de nom et ne sont pas identifiables parce que incomplètes. Pour le reste l'état de conservation est parfait et la documentation intéressante. C'est le meilleur herbier de la collection. Il contient un nombre élevé de plantes exotiques. Pour le calcul il faut toutefois décompter les plantes manquantes, les quatre dernières et 12 doubles. Il reste donc 272 échantillons, parmi lesquels nous avons relevé 127 espèces exotiques, ce qui est remarquable. La proportion est donc de 46 %.

Pour donner une idée du soin apporté par A.C.L. à la confection de son herbier et permettre d'apprécier son érudition et sa probité scientifique, nous transcrivons le texte complet qui accompagne une des plantes présentées:

Fol. 45. - RUBIA TINCTORUM Dod. Lib. II., part 3, Cap. 28, fol. 571. Cord Dod Cesal Offic: Rubia major Pen Lob Clus. Draconon et Cinnabaris Quor (umdam). Lappa minor Hetrus et Rubia Rom: à Trag Rhodia riza Galen: Spargula Manl: Rubia sativa Math Brunf Lon Lac Dod Lugd Cast Gesn fuch Trag: Rubia Cord. Erythrodanum Plin Gesn Cam pen Lob. ab Anguill Thapsia Asclepiadis etc. ex pell., fol 336.

Belg(ice) Mee oft Rotte Crappe. Gall(ice): Garance Ruble. (6).

Au fol. 27, à propos de diverses espèces de *Cistus*, il fait une remarque qui dénote d'un esprit méthodique, pas tellement fréquent jadis. Dodoens et Clusius décrivent diverses espèces, dit-il, mais il ne lui est pas possible de les distinguer, car les échantillons qu'on lui a envoyés ne comportent pas de fleurs. La remarque paraît évidemment banale aujourd'hui.

Nous donnons ci-dessous la liste des plantes exotiques de cet herbier, accompagnée de la concordance avec les dénominations scientifiques modernes [7]. Précisons que toutes les identifications ne sont pas absolument certaines, faute d'échantillons complets. Par ailleurs la consultation d'un manuscrit précieux est évidemment liée au respect de son intégrité. Il ne peut donc être question de prélever des fragments de plantes pour en faire une étude approfondie, d'autant plus qu'il n'y a généralement qu'un

seul spécimen. Enfin il faut limiter les manipulations à cause de la fragilité des échantillons vieux de plusieurs siècles. Les numéros qui précèdent les noms des plantes sont ceux des pages du manuscrit. Ceux qui sont donnés entre parenthèses correspondent à la numérotation de J. CAROLUS. Nous les reproduisons pour faciliter la comparaison de notre étude avec la sienne.

PLANTES EXOTIQUES DANS LE MS 5862.-

3 (3). Azedarach: *Melia azedarach* L., Méliacée, Inde, Perse. Lilas de Perse, Lilas du Japon.

4 (4). *Althea arborescens* fl. alb. et purp.: *Hibiscus* sp., peut-être *H. syriacus* L., Malvacée, Egypte, Asie occidentale.

5 (6). *Coggygia*: *Cotinus coggygia* SCOP. (*Rhus cotinus* L.), Anacardiacee, Europe sud. Sumac, Arbre à perruque.

6 (7). *Rhus* sive *Sumach virginianum* Cat. plant. horti Lugduno-Bat.: *Rhus coriaria* L., Régions méditerranéennes. Il y a des *Rhus* américains, mais l'échantillon semble bien être le sumac ordinaire.

6 (8). *Jujube rubrum*: *Ziziphus sativa* GAERTN., Rhamnacee, Régions méditerranéennes. Jujubier.

6 (9). *Chamaespilus Gesneri*: *Crataegus azarolus* L., Rosacée, Europe sud, Orient. Azérolier.

7 (11). *Ilex coccigera*: *Quercus coccifera* L., Fagacée, Méditerranée. Chêne kermès, Vermillon.

7 (12). *Alaternus*: *Rhamnus alaternus* L., Méditerranée. Alaterne, Daladier.

7 (13). *Melochia Aegyptiorum*: *Melochia corchorifolia* L., Sterculiacée, Régions tropicales.

8 (14). *Rosa chinensis*: *Hibiscus rosa-sinensis* L., Chine, Japon.

8 (15). *Arbor Judae*: *Cercis siliquastrum* L., Césalpiniée, Europe sud. Arbre de Judée, Gainier.

9 (18). *Styrax* vel *Storax*: *Styrax officinalis* L., Styracacée, Europe sud, Orient.

9 (19). *Rosa turcica*: *Rosa* sp., peut-être *R. damascena* MILL., Syrie.

10 (22). *Paliurus*, *Spina Judaica Petri Crescentii*: *Paliurus spinachristi* MILL., Rhamnacee, Régions méditerranéennes. Epine du Christ.

10 (23). *Ceratonia*: *Ceratonia siliqua* L., Césalpiniée, Méditerranée. Caroubier.

10 (24). *Soffera Aegypti*: *Cassia sophera* L., Césalpiniée, Asie tropicale.

11 (25). *Lentiscus*, *Arbor mastickes*: *Pistacia lentiscus* L., Pistaciacee, Méditerranée. Lentisque, Mastic.

11 (26). *Guaiacum patavinum*: *Ziziphus lotus* (L.) WILLD., Régions méditerranéennes. Son fruit devait constituer la nourriture de base du peuple légendaire des Lotophages (Antiquité).

11 (27). *Amygdalus silvestris*: *Prunus dulcis* (MILL.) D.A. WEBB. (*Amygdalus communis* L.), Amygdalacée, Syrie, Asie occidentale. Amandier. Probablement l'amandier amer: var. *amara* (D.C.) BUCHHEIM.

12 (29). *Agnus castus*: *Vitex agnus-castus* L., Verbénacée, Méditerranée, Asie. Gattilier, Agneau chaste.

13 (30). *Morus alba*: *Morus alba* L., Moracée, Chine. Mûrier blanc.

13 (31). *Cypressus herba*: *Santolina* sp., Composée, Europe sud. Probablement *S. chamaecyparissus* L.

14 (32). *Olea sativa*, *Olea urbana*, *Eloea*: *Olea europaea* L., Oléacée, Méditerranée orientale. Olivier.

14 (34, 35). *Laurus tinus*, *Laurus tinus medius*: vraisemblablement deux variétés de *Viburnum tinus* L., Caprifoliacées, Europe sud.

15 (36). *Alkanna* et 16 (40). *Phillyrea angustifolia*: *Lawsonia inermis* L. (*L. alba* LAM.), Lythracée, Bassin méditerranéen. Henné.

15 (39). *Tragacantha*: *Astragalus* spp., Papilionacées, Asie mineure. Gomme adragante.

16 (42). *Myrtus latifolia*, *Myrtus minor* et (43). *Myrtus Boetica major*: diverses variétés de *Myrtus communis* L. et/ou d'autres *Myrtus*, Myrtacées, Europe sud.

18 (46). *Lotus Lybica* an *Dalesc(ampi)*: une Papilionacée du genre *Lotus* ou d'un genre voisin, du bassin méditerranéen.

18 (48). *Lotus arbor*, *Lotus celtis arbor*, *Lotusboom*, Micocoulier: *Celtis australis* L., Ulmacée, Europe sud, Canaries, Açores.

19 (51 et 54). *Cytisus silvestris*, *Pseudocytisus*: *Cytisus sessilifolius* L., Papilionacée, Europe sud. L'auteur a noté à côté du second échantillon: « besie (regarde) fol. *Cytisus silvestris* », car il lui semblait identique.

19 (52). *Cytisus marantha*, *Cytisus italicus*, *Cytisus 3 sive cornutus Taber(naemontani)*: *Cytisus nigricans* L. (?), Espagne, Italie.

20 (55). *Melilotus odorata lusitanica*: *Melilotus parviflora* D.C., Papilionacée, Europe sud.

20 (56). *Melilotus hispanica* oft dit is de *Trifolium ex America van Dod.*: *Psoralea* sp., Papilionacée, Amérique du Nord subtropicale.

21/22 (58). *Trifolium odoratum*, *Trifolium bituminosum*: *Psoralea bituminosa* L., Europe sud. Herbe au bitume.

21 (59). *Trifolium siliquosum lusitanicum*: *Cleome violacea* L., Cléomacée, Méditerranée.

26 (70 et 71). *Cistus mas ledon*, *Cistus angustifolia*: *Cistus ladanifer* L., Cistacée, Régions méditerranéennes. Ladanum, Labdanum.

26 (72 et 73). *Cistus femina*, *Cistus femina fl. purpureo*: *Cistus salvifolius* L., Régions méditerranéennes.

27 (74). *Cistus latifolia*: *Cistus* sp.

27 (75). *Atriplex brasiliana* sive *Brechos Brasilianorum*: probablement un *Chenopodium*, Chenopodiacee d'Amérique méridionale; peut-être le Quinoa ou une espèce voisine.

- 28 (76). *Amaranthus major* purp., Fluweelbloeme, Passevelours: *Amaranthus caudatus* L., Amaranthacée, Inde.
- 28 (77). *Amaranthus holosericus*: *Celosia cristata* L., Amaranthacée, Inde.
- 30 (83). *Polium montanum*: *Teucrium* sp., Labiée, Europe sud.
- 30 (84). *Dorycnium monspellensium*: *Dorycnium pentaphyllum* SCOP., Papilionacée, Régions méditerranéennes.
- 30 (85). *Dorycnium italorum*: *D. hirsutum* (L.) SER. in D.C. Prodr., même origine.
- 30 (86). *Verbascum arborescens* an *Salvifolium Verbascum* Lob.: *Sideritis cretica* L., Labiée, Méditerranée.
- 31 (87). *Scammonium antiochenum*: *Convolvulus scammonia* L., Convolvulacée, Asie mineure. Scammonée d'Alep.
- 32 (90/91). *Smilax aspera maculosa* vel folio maculoso, *Smilax aspera non maculosa* « syn medesoorten vande *Smilax* Dod. lib. 13 part 3 cap. 9 folio 653 »: *Smilax aspera* L., Smilacacée, Europe sud. Salsepareille d'Europe.
- 33/34 (92/93). *Aristolochia saracenic*a, *Aristolochia clematitis*: *Aristolochia clematitis* L., Aristolochiacée, Europe sud.
- 34 (94). *Aristolochia rotunda*: *A. rotunda* L., Idem.
- 36 (97). *Convolvulus Altheae folio*, *C. peregrinus* Clus., *C. Scammonii* facie: *Convolvulus* sp. (*C. althaeoides* L.?), Espagne, Portugal.
- 36 (98). *Scammonium monspelliense* an Lob. *Periploca repens angustifolia*: *Cynanchum acutum* L., Asclépiadacée, Europe sud.
- 37 (101). *Momordica* Dod., *Balsamina cucumerina punicea* Lob., Balsemappel, Merveille, Pomme de merveille: *Momordica balsamina* L. et/ou *M. charantia* L., Cucurbitacées paléotropicales.
- 40 (107). *Iasminum persicum flore coeruleo*: *Jasminum officinale* L., Oléacée, Asie mineure, Méditerranée.
- 40 (108). *Iasminum virginianum flore rubro*: *Campsis radicans* (L.) SEEM. (*Tecoma radicans* (L.) JUSS.), Bignoniacée, Sud-Est des États-Unis.
- 40 (109). *Iasminum Catalonicum*: *Jasminum grandiflorum* L., Europe, Asie occidentale, Nord-Ouest de l'Inde.
- 41 (110). *Iasminum trifolium*: *Jasminum fruticans* L., Méditerranée.
- 41 (111). *Iasminum Indicum flore rubro*: *Mirabilis jalapa* L., Nyctaginacée, Mexique. Belle de Nuit, Marvel of Peru.
- 41 (112). *Iasminum indicum flore amplo phaeniceo-Liliaceo sive Clematis virginiana frutescens*: *Clematis virginiana* L., Renonculacée, Amérique du Nord.
- 43 (115). *Apocynum Syriacum vel Palestinum vel Aegyptiacum* Clus.: *Asclepias syriaca* L., Amérique du Nord.
- 43 (117). *Periploca repens vel altera* Dod.: *Periploca graeca* L., Périplocacée, Europe sud, Asie mineure.
- 45 (121). *Rubia cretica*, an *Rubia spicata cretica* Clus.: *Crucianella angustifolia* L., Rubiacée, Méditerranée.

45 (121 bis). *Rubia tinctorum*: *Rubia tinctorum* L., Méditerranée orientale. Garance. Voir note 3.

46 (124/125/126). *Psyllium commune*, *Psyllium frutescens*, *Psyllium alterum*, Vloycruyt, Herbe aux Puces: les deux premières plantes correspondent à *Plantago afra* L., la troisième est également une espèce de *Plantago*, Plantaginacées méditerranéennes.

47 (127). *Absinthium folio Lavendulae*: *Artemisia coerulescens* L., Composée, Europe sud. Santonine marine.

47 (128). *Absinthium Marinum* Dod. seu *Seriphium* Ruell.: *Artemisia maritima* L., de l'Europe à la Mongolie.

47 (132). *Fumaria americana perennis*: *Corydalis sempervirens* L. (?), Fumariacée, Amérique du Nord.

48 (129). *Absinthium arborescens*, *Absinthium dal Camasco Anguillarae*: *Artemisia arborescens* L., Europe sud, Corse, Orient.

49 (136). *Lavandula multifida* Clus.: *Lavandula multifida* L., Labiée, Europe sud, Algérie. Lavande à feuilles divisées.

50 (141). *Melanthium hispanicum*: *Nigella sativa* L., Renonculacée méditerranéenne. Nigelle cultivée. Anis noir.

50 (142). *Chrysanthemum creticum flore luteo*, Vokelaer van Candien: *Helichrysum stoechas* DC, Composée, Europe sud, Crète. Immortelle.

52 (147). *Palma Christi*, *Cerva major*, *Cataputia major*, *Wonderboom*, *Mollencruyt*, *Graine du Roy*: *Ricinus communis* L., Euphorbiacée, Afrique tropicale. Ricin.

52 (148). *Datura Indorum*: *Datura tatula* L., Solanée, Mexique, Amérique du Sud. Certains botanistes la considèrent comme une variété de *D. stramonium* L. d'Asie mineure.

53 (149). *Pisum cordatum*: *Cardiospermum halicacabum* L., Sapindacée, Inde. Pois de cœur. Pois de merveille.

54 (151). *Capsicum Indicum*: *Capsicum annum* L. Solanée d'Amérique tropicale. Piment.

56 (154). *Colocasia*, *Arum Aegyptiacum*: *Colocasia esculenta* (L.) SCHOTT., Aracée, Asie sud. Taro, Colocase.

56 (155). *Canna indica*: *Canna indica* L., Cannacée indienne, pan-tropicale d'après certains botanistes.

58 (158). *Seseli aethiopicum frutex*: *Bupleurum fruticosum* L., Ombellifère, Europe sud. Buplèvre arbrisseau, Oreille de lièvre.

58 (159). *Seseli aethiopicum herba*: *Laserpitium latifolium* L., Ombellifère, Europe sud. Grand Laser.

61 (163). *Daucus creticus*: *Athamanta cretensis* L., Ombellifère méditerranéenne.

66 (175). *Moluca aspera* Dod., *Melissa constantinopolitana altera* Cast., Melisse puante: *Moluccella spinosa* L., Labiée, Europe sud, Syrie.

66 (176). *Papaver spinosum* Clus., *Doornachtighen heul*: *Argemone mexicana* L., Papavéracée, S-W des Etats-Unis, Mexique.

66 (177). *Papaver corniculatum* Dod.: *Glaucium flavum* CRANTZ., Papaveracée, Méditerranée.

72 (190). *Heliotropium minus*, Herba Clyticae, etc.: *Chrozophora tinctoria* A. JUSS., Euphorbiacée, Méditerranée. « Tournesol » (teinture).

72 (191). *Halicacabon indicum*: *Physalis angulata* L. et/ou *Pb. minima* L., Solanées d'Amérique méridionale.

73 (194). *Botrys maior Americana Bauhini*: *Chenopodium ambrosioides* L. (*C. anthelminticum* L.), Amérique tropicale.

73 (195). *Ptarmica austriaca*: *Xeranthemum annuum* L., Composée, Europe, Asie mineure. Immortelle. Bouquet d'hiver.

74 (196). *Thapsia latifolia* Clus.: *Ligusticum peloponense* L., Umbellifère, Grèce.

74 (197). *Cyanus orientalis*: *Centaurea* sp., Composée, Asie mineure.

74 (198). *Carthamus flore coeruleo* Clus., *Cnicus alter*, *Cnicus flore coeruleo* Dod.: *Carthamus* sp., probablement *C. corymbosus* L., Composée, Méditerranée.

75 (199). *Alysson Galeni*, *Alyssum*: *Marrubium alyssum* L., Labiée, Méditerranée.

76 (202). *Panis porcinus*, *Cyclaminus*: *Cyclamen europaeum* L., Primulacée, Europe sud.

76 (203). *Stoechas citrina*: *Helichrysum stoechas* D.C., Composée, Europe sud. Cfr 50 (142).

81 (219). *Geranium creticum annuum* Lob. obs. fol. 377: *Geranium* sp., Géraniacée, Méditerranée.

82 (223). *Faenum burgundiacum*, Herba medica, *Trifolium italicum*: *Medicago sativa* L., Papilionacée, Europe sud. Luzerne.

83 (225). *Sesban aegyptiacum*, *Sesban indicum*: *Sesbania sesban* (L.) MERR. (syn. *S. aegyptiaca* PERS.), Papilionacée, Afrique, Asie.

83 (226). *Ipicoro* « Gheloove dat het is de Ipcoro, *Glycyrrhizae Species ex catalogo horti Lugduno Batav.* »: *Glycyrrhiza* sp. (?), une espèce de réglisse (?).

85 (230/231). *Filix indica et virginiana* « ick meyne dat dit maer cenre is »: *Onoclea sensibilis* L., Aspidiacée, fougère d'Amérique Nord.

88 (237). *Thymum creticum verum* Dod.: *Thymus vulgaris* L., Labiée, Méditerranée, Grèce. Thym commun.

88 (238). *Tragoriganum*, Bock Orega: *Sideritis hyssopifolia* L., Labiée, Europe sud.

88 (239). *Ameos*, *Cuminum Aethiopicum*, *Ammi*, *Ammios*, *Cuminum regium quor.*, etc.: *Cuminum cyminum* L., Umbellifère, Méditerranée, Haute Egypte. Cumin cultivé.

89/90 (240/244). *Hyssopus verus creticus*, *Hyssopus*, *Hyssopus vulgaris*, etc.: *Hyssopus officinalis* L., Labiée, Méditerranée. Hysope.

89/90 (241/245/246). *Saturegia vel Satureia sempervirens*, *Satureia sive Thymbra altera*, *Satureia vera*, etc., etc.: ensemble de plantes qu'il est difficile de départager et qui correspondent à la sarriette vivace

ou *Satureja montana* L. et à la sarriette annuelle ou *S. hortensis* L., Labiées de l'Europe méridionale.

90 (247). *Maiorana*, *Maiora perpetua*, etc.: *Majorana hortensis* MOENCH. (*Origanum majorana* L.), Labiée, Arabie, Afrique N. Origan marjolaine.

91 (248). *Salvia lutea*: *Salvia sclarea* L. (?), Labiée, Méditerranée. Saugé sclarée. Saugé toute-bonne.

91 (249/250). *Salvia tricolor*, *Salvia maxima rotundifolia*: *Salvia officinalis* L., Méditerranée. Saugé commune. La première en est une variété: *S. officinalis* L. var. *tricolor*.

92 (252). *Ocimum citratum*, *Ocimum magnum*, *Basilicom met reuck van citroenen*, Grand Basilic et (253) *Ocimum caryophyllatum ac citratum* « is maer eenre »: *Ocimum basilicum* L., Labiée des régions chaudes d'Asie et d'Afrique.

92 (254). *Marum creticum*: *Teucrium* sp. (?), Labiée, Europe sud.

92 (255). *Dictamnium*, *Dictamnus creticus verus*, *Diptamnium*: *Amaracus dictamnus* (L.) BENTH. (*Origanum dictamnus* L.), Crète. Dictame de Crète.

92 (256). *Phlomis lychnitis* an *Clus. Lib. 4 cap. 17 fol. XXVII: Phlomis lychnitis* L., Labiée, Europe sud.

92 (257). *Pseudodictamnium* *Dod.: Ballota pseudodictamnus* (L.) BENTH. (*Marrubium pseudodictamnus* L.), Labiée, Europe sud.

93 (259). *Lychnis flore pleno rubro*, *Lychnis coronaria*, *Oculus Christi*: *Lychnis coronaria* (L.) DESR., Caryophyllacée, Europe sud. Œillet de Dieu. Coquelourde des jardins.

93 (260). *Mandragora mas*, *Anthropomorphos* (ex. *Pell. fol. 257*): *Mandragora officinarum* L., Solanée, Méditerranée. Mandragore.

93 (261). *Leucoium marinum fl. albo* (Lob. *Obs. fol. 179*), *Keiri sive Leucoium marinum*: *Matthiola graeca* R. BR., Crucifère, Europe sud.

93 (262). *Leucoium luteum marinum patavinum* (Lob. in *eodem loco*): *Vesicaria sinuata* D.C., Crucifère, Europe sud.

96 (270). *Valeriana indica* *Clus.: Nardostachys jatamansi* (D. DON) D.C., Valérianacée d'Asie orientale (Himalaya). Nard, Nard jatamansi, Vrai Nard indien.

98 (274). *Abutilon*, *Abutilon avicennae*, *Althaea* *Theophr. flore luteo*, *Geelen huemst*, *Guymaulve jaulne*: *Abutilon theophrasti* MEDIK. (*A. avicennae* GAERTN.), Malvacée, Afrique nord, Europe sud.

98 (275). *Luteola cretica ex Catalogo horti Lugduno-Batavi: Cheiranthus cheiri* L., Crucifère, Méditerranée.

98 (276). *Alcea veneta*, *Alcea peregrina solisequia*, *Alcea vesicaria: Hibiscus trionum* L., Europe sud, Afrique.

99 (279). *Malva crispa*, *Malva laciniata*, *Gecronkelde Maluwe: Malva verticillata* L. var. *crispa* L. Origine discutée: Chine ou née en culture? Mauve frisée.

100 (277). *Alcea villosa aegyptiaca semine moschi sive Abelmosch Aegyptiorum ex Cat. Lugd. Batavi: Abelmoschus moschatus* MEDIK.

(*Hibiscus abelmoschus* L.), Asie tropicale, Egypte. Ambrette (la graine).

100 (278). *Alcea laciniatis foliis an Alcea fruticosior pentaphylli folio* (Byvoeghsel Dod. fol. 1025): *Hibiscus* sp.

102 (284). *Lycopersicum, Malum seu Pomum amoris, Pomum aureum, Poma peruviana, etc., Gulden appel, Pommes d'amour, Pommes d'or: Lycopersicon lycopersicum* (L.) KARST. (syn. *Solanum lycopersicum* L.), Amérique du Sud. Tomate.

MSS 5863/5873.- HERBARIUS VIVUS SEU HORTUS HYEMALIS.

J. CAROLUS et R. CALCOEN considèrent que ces deux herbiers sont du même auteur. Celui-ci est aussi l'auteur du ms 5862. En effet la préface du 5863 est signée du même monogramme A.C.L. Elle est datée de Bruxelles 1673. Sur le haut du frontispice de très belle facture qui représente, peinte en grisaille, une officine avec un jardin à l'arrière-plan, une main ancienne a écrit: « *Collegii Soctis Jesu Lovanii M.B.* ».

Ces herbiers ressemblent au 5862 par l'aspect du papier, la disposition des plantes et les indications diverses, quoique celles-ci soient moins abondantes. Le format est légèrement différent: 43 x 29 cm pour le premier volume, avec une reliure souple en parchemin; 39 x 27 cm pour le second, avec une reliure moderne en carton et papier rouge imitant le cuir. Au dos du second volume figure l'inscription « *Haberlant. Hortus hiemalis* ». Ceci est certainement inexact, car le ms 5867 intitulé « *Hortus Nicolai Haverlant* » est fort différent et beaucoup plus ancien. Au catalogue de la Section des Manuscrits ce titre n'a pas été retenu, mais remplacé par « *Herbarius vivus seu hortus hiemalis vol. 2* ».

La qualité de ces herbiers est un peu moins bonne que celle du 5862. Le premier volume comporte 299 feuillets, le second 51 seulement, totalisant ensemble 515 plantes. Il n'y a pas d'index. Ce qui mérite de retenir l'attention, c'est la préface de deux pages et demie de remarques préliminaires, avec la description du mode de séchage des plantes, la préparation de la colle, ainsi que la façon de procéder au collage, qui sont ceux décrits par Adriaen VAN DER SPIEGEL dans « *Isagoges in rem herbariam...* » (1606). Nous en avons parlé dans une communication présentée au Congrès historique tenu à Malines en 1970. L'auteur de l'herbier mentionne du reste ce savant au début de sa préface. Il explique en outre comment faire des empreintes de feuilles et le

titre de l'ouvrage est repris au folio 2 qui est orné de pareilles impressions [8].

Le nombre de plantes exotiques est comparativement moins élevé que dans le 5862: au total 157 sur 515, soit environ 30 %. Elles sont nécessairement en grande partie les mêmes que dans le 5862. Nous ne citerons donc que celles qui ne figurent pas dans l'herbier précédent et nous ajouterons les noms scientifiques modernes:

3 (5). *Syringa fl. caeruleo*: *Syringa vulgaris* L., Oléacée, Europe du Sud-Est. Lilas.

13 (29). *Chamaeripes Dodonaei*, *Palma minor*: *Chamaerops humilis* L., le palmier nain de la région méditerranéenne.

19 (42). *Arbor vitae*: *Thuja orientalis* L., Pinacée, Chine. « Arbre de vie. »

21 (47). *Oleander fl. rubro*: *Nerium oleander* L., Apocynacée, Méditerranée. Laurier-rose.

21 (49). *Suber*: *Quercus suber* L., Fagacée, Méditerranée, Chêne-liège.

27 (65). *Glycirrhiza echinata*: *Glycyrrhiza echinata* L., Papilionacée, Europe sud. Réglisse hérissonnée.

29 (66). *Balaustium*: fleur du grenadier sauvage: *Punica granatum* L., Punicacée, Asie S-W.

39 (80). *Castanea equina*: *Aesculus hippocastanum* L., Hippocastanacée, Grèce, Turquie. Marronnier d'Inde (introduit dans nos régions à la fin du 16ème siècle).

79 (139). *Viola matronalis*: *Hesperis matronalis* L., Crucifère, Europe sud. Julienne-des-Dames.

81 (143). *Carthamus sativus fl. rubro*: *Carthamus tinctorius* L., Composée, Egypte, Inde. Carthame, Safran bâtard.

85 (150). *Fraxinella fl. albo*: *Dictamnus albus* L., Rutacée, Europe sud. Dictamne, Dictame, Fraxinelle.

131 (220). *Flos constantinopolitanus*: *Lychnis chalcedonica* L., Caryophyllacée, Asie mineure. Croix-de-Jérusalem, Croix-de-Malte.

151 (247). *Iuca sive Hyuca Canadana gloriosa* oft *Americana* (Carolus a transcrit en simplifiant: *Yucca canadense*): *Yucca gloriosa* L., Agavacée d'Amérique.

153 (249). *Melissa*, *Citraria*: *Melissa officinalis* L., Labiée méditerranéenne, Asie occidentale. Mélisse.

167 (275). *Serratula tinctoria*: *Serratula tinctoria* L., Composée, Europe, Algérie. Serratule des teinturiers.

177 (300). *Flos africanus*: *Tagetes patula* L., Composée néotropicale. Œillet d'Inde.

183 (311). *Phaleris*, *Canarie-saet*: *Phalaris canariensis* L., Graminée, Canaries. Alpiste des Canaries.

205 (363). *Papaver sativus*: *Papaver somniferum* L., Papavéracée, Asie S-W. Pavot à opium.

209 (368). *Lacryma Jobi*: *Coix lacryma-jobi* L., Graminée, Asie Sud. Larme-de-Job.

223 (387). *Hyoscyamus luteus*: *Nicotiana rustica* L., Solanée d'Amérique du Sud. Tabac rustique (cultivé en Inde et utilisé comme le tabac ordinaire).

223 (389). *Nicotiana*, *Petun*, *Tabaco*, *Herba sacra*, *Hyoscyamus Peruvianus*, *Sana Sancta Indorum*, *Herba Reginae*, *Bilsencruyt* van Peru: *Nicotiana tabacum* L., Amérique sud. Tabac commun.

231 (396). *Salsaparilla*: *Smilax officinalis* H.B.K., Smilacacée, Amérique du Sud. Salsepareille.

233 (399). *Nasturtium indicum*: *Tropaeolum majus* L. et *T. minus* L., Tropéolacées du Pérou. Capucine sarmenteuse et Capucine naine.

283 (450). *Alkekinga*: *Physalis alkekengi* L., Solanée, Caucase, Chine. Cerise d'hiver, Coqueret, Amour-en-cage.

287 (456). *Cicer arietinum*: *Cicer arietinum* L., Papilionacée, Europe sud. Pois chiche.

Ms 5873.-

5 (465). *Origanum heracleoticum*: *Origanum vulgare* L. subsp. *prismaticum* GAUD. (*O. heracleoticum* L.), Labiée, Espagne. Marjolaine douce d'hiver.

51 (513). *Antirrhinum*, *Antirrhinum majus*, *Os leonis vulgo*, *Calfsmuyl*, *Gueule de veau*, etc.: *Antirrhinum majus* L., Scrophulariacée, Europe du Sud. Mufler, Gueule-de-lion.

Mss 5864/5865/5866.- HORTUS HYEMALIS SIVE HERBARIUS VIVUS COLLECTUS OPERE, STUDIO ET LABORE CLAUDII LION MEDICI LEGIONIS BURGUNDICAE PRO SERVITIO REGIS CATHOLICI IN BELGIO. TOMUS PRIMUS 1680...

Le volume 2 porte le même titre, suivi de « *Tomus secundus 1681* ». Le troisième n'a pas de titre, mais est marqué au dos « *Hortus hyemalis pars III* ».

Il s'agit de l'herbier d'un médecin militaire du XVIII^e siècle. Il a appartenu plus tard au Prieuré de Sept-Fontaines de l'Ordre des Chanoines Réguliers de St-Augustin, à Rhode-St-Genève, supprimé en 1794. Les trois volumes sont d'aspect semblable, reliés plein cuir, au format 45-46 x 29 cm. Le premier volume compte 220 feuillets, dont un index de 9 pages; le deuxième 228 feuillets, dont une table de 10 pages; le troisième 57 feuillets sans table.

Au verso du feuillet 91 du deuxième volume apparaît un nouveau titre: « *Appendix omnium plantarum quae in praecedentibus non continentur. 1681* ». La table est divisée conformément à cette division de l'herbier. Le supplément et le volume 3 sont d'une autre écriture. On peut supposer que ce sont les moines de Sept-Fontaines qui ont continué l'herbier de Claude LION. Le dernier volume comportait à l'origine deux fois plus de feuillets; la moitié inutilisée a été coupée grossièrement pour récupérer le papier.

Cet herbier est moins intéressant que les précédents. Les plantes sont désignées uniquement par un nom latin, sans synonymes ou autres indications, sans doute parce que le médecin disposait de pharmacopées, etc., dont l'herbier était en quelque sorte une annexe. Il y a plusieurs plantes par page, au total 1 200, dont J. CAROLUS a eu la patience de transcrire la liste aux pages 117 à 129 de son étude. Il ne les a pas numérotées, mais on peut les retrouver facilement, car elles sont rangées par ordre alphabétique, sauf dans le troisième volume.

Les plantes exotiques représentent environ 10 % de l'ensemble. Nous transcrivons ici les noms de quelques espèces qui, sauf exception, n'ont pas été mentionnées plus haut:

Ms 5864.-

Fol. 49. *Calamus aromaticus*: *Acorus calamus* L., Aracée, Inde. Acore vrai, Roseau odorant.

71. *Cinnamomus arbor*: semble être un *Laurus*.

115. *Frumentum sarracenicum* (Carolus a préféré transcrire « *indicum* », craignant sans doute une confusion avec le sarrasin). En fait il s'agit du maïs, *Zea mays* L.

145. *Laurus baccifera*: *Laurus nobilis* L., Lauracée méditerranéenne. Laurier d'Apollon, Laurier-sauce.

159. *Mala insana*: *Solanum melongena* L., origine incertaine, Amérique du sud? Aubergine.

177. *Nicotiana foemina*: *Nicotiana glutinosa* L., Solanée d'Amérique méridionale.

181. *Opontia*: *Opuntia* sp., Cactacée, Mexique. « Figue d'Inde » ou autre espèce du genre *Opuntia*? Il n'est pas possible de préciser.

183. *Olea bohémica*: *Elaeagnus angustifolia* L., Eléagnacée, Midi, Afrique du Nord, Asie occidentale. « Olivier de Bohême ».

186. *Pappas americana*: *Solanum tuberosum* L., Amérique du Sud. Pomme de terre.

Ms 5865.-

Fol. 66. Tulipan: trois sortes, dont l'une semble être *Tulipa gesneriana* L., Liliacées, Turquie, Asie occidentale. Tulipe.

92. Abutilon Sabdarifa: *Hibiscus sabdariffa* L., Malvacée, Amérique tropicale. « Oseille de Guinée ».

96. Aloë: *Aloë sp.*, Liliacée, régions tropicales.

134. Ferula galbanifera: *Ferula gummosa* BOISS. (*F. galbaniflua* BOISS. & BUHSE), Umbellifère, Syrie, Perse. Galbanum (la gomme). Plusieurs autres *Ferula* pouvaient être désignées sous le même nom jadis.

135. Flos passionis: *Passiflora sp.*, Passifloracée, Amérique trop.

157. Liliium candidum: *Lilium candidum* L., Europe sud. Lis blanc.

157. Lytospermum maius: Il s'agit du *Coix lacryma-jobi* L. cité ailleurs. Il est à noter que le nom était donné plus souvent à une Boraginacée tempérée indigène de nos régions: *Lithospermum arvense* L., le grémil des champs.

Ms 5866.-

Fol. 1. Acacia Robini: *Robinia pseudoacacia* L., Papilionacée d'Amérique du Nord, introduite au début du 17^{ème} siècle.

7. Capparis leguminosa: *Zygophyllum fabago* L., Zygophyllacée, Asie mineure, Perse. Fabagelle.

24. Cinnamomum verum: *Cinnamomum zeylanicum* BLUME, Lauracée d'Asie du Sud. Cannelier. Cannelier de Ceylan.

48. Narcissus indicus: *Narcissus tazetta* L. (*N. orientalis* L.), Amaryllidacée, Europe sud, Afrique du nord.

Ms 5867.- HORTUS NICOLAI HAVERLANT, AVESNENSIS.

Jusqu'à preuve du contraire, cet herbier pourrait être le plus ancien existant en Belgique. Il est daté 1617-1618-1619-1620. Il se compose de 93 feuillets sous une reliure de parchemin garni de quelques dessins de plantes à la plume, au format 42 x 28 cm. Le premier feuillet est orné d'une plante séchée et coloriée, entourée de deux serpents dressés et surmontée d'une banderole portant les quatre millésimes mentionnés ci-dessus. Le titre « Hortus Nicolai Haverlant » figure au bord supérieur de la page dans un listel. Dans les coins repliés de celui-ci on lit, à gauche, « Aves », et, à droite « nensis », en petits caractères. L'auteur se dit donc originaire d'Avesnes, territoire national à l'époque. A l'intérieur de la couverture un rectangle avait été tracé. Il devait sans doute recevoir un ornement ou un *ex-libris*. A la fin de l'ou-

vrage la couverture est ornée, toujours à l'intérieur, d'une tulipe séchée et coloriée, surmontée d'une épée et entourée de deux serpents.

Les plantes sont au nombre de 351. N. HAVERLANT s'est contenté de leur donner un nom latin, accompagné parfois d'un synonyme flamand ou français, sans autre indication. CAROLUS n'en a pas dressé la liste. Les plantes exotiques sont une trentaine, soit 9 % de l'ensemble, presque toutes mentionnées plus haut déjà, sauf:

Fol. 2. *Liquiritia*, *Radix dulcis*: *Glycyrrhiza glabra* L., Papilionacée, Europe sud. Réglisse lisse, Réglisse commune.

Fol. 25. *Nigella sive Melanthium*: *Nigella damascena* L., Renonculacée méditerranéenne. Nigelle de Damas, Cheveux de Vénus, Pattes d'araignée.

Fol. 27. *Capparis*: *Capparis spinosa* L., Capparidacée, Europe sud, Afrique du nord. Câprier commun.

Fol. 32. *Rodiâ Radix*: *Rhodiola rosea* L. (syn. *Sedum rhodiola* D.C.); Crassulacée, Europe sud. Joubarbe rose, Orpin rose. Eventuellement un *Sedum* sp.

Fol. 62. *Isatis silvestris*, guaude ou waude: *Reseda luteola* L., Résédacée d'Europe sud et moyenne et d'Asie du sud-ouest. Voir note 9.

MSS 5868/5871/5872.- THEATRUM STIRPES VARIAS
È VIVIS RESICCATAS EXHIBENS.

Cet herbier est anonyme et n'est pas daté. Il semble être du milieu du XVII^e siècle. Le titre du premier volume est accompagné d'une très belle aquarelle sur parchemin, signée *D. Rhodius F.*, représentant un paysage classique avec ruines, végétation, mer et personnages. Le titre aussi est peint. *D. Rhodius* est-il l'auteur de l'herbier ?

Les autres volumes ne portent en réalité pas de titre. CAROLUS et CALCOEN considèrent cependant que ce sont trois volumes d'un même ouvrage. Les reliures sont en parchemin; celles des volumes 2 et 3 ont été confectionnées avec des feuillets extraits d'un ancien antiphonaire. Les formats varient: 47 x 30 cm, 40 x 24 cm et 38 x 24 cm. Le nombre de feuillets est respectivement de 71, 145 et 219. Il n'y a pas de tables. Au total, pour les trois volumes, le nombre de plantes est de 1 240. J. CAROLUS a transcrit les noms des espèces du premier volume, en texte continu.

L'auteur de l'herbier n'a donné que les noms latins dans le premier volume. Dans les deux autres, il y a quelques synonymes, mais aucune autre indication. Contrairement aux herbiers précédents, les plantes de celui-ci ne sont pas collées, mais fixées au moyen de bandelettes. Les noms sont en général bien calligraphiés sur des étiquettes enfilées sur le pied des échantillons et collées.

Il y a environ 10 % de plantes exotiques, dont les plus intéressantes et ne figurant pas dans les herbiers précédents sont indiquées ci-dessous, avec l'indication du folio:

I. 40. *Ficus sativa*: *Ficus carica* L., Moracée, Méditerranée Est et Sud. Figuier.

II. 45. *Cinara*: *Cynara scolymus* L., Composée, Europe Sud. Artichaut.

46. *Panax chironium*: *Opopanax chironium* (L.) KOCH (*Laserpitium chironium* L., *Ferula opopanax* SPR.), Ombellifère méditerranéenne. Laser chiron.

III. 25. *Viola mariana*: *Campanula medium* L., Campanulacée, Méditerranée. Violette marine. Dans les vieux herbiers imprimés on donne comme nom français: mariettes.

33. *Solanum somniferum*: *Physalis somnifera* L., Solanée, Europe Sud.

43. *Cannabis*: *Cannabis sativa* L., Cannabidacée, Inde. Chanvre.

152. *Terebinthus*: *Pistacia terebinthus* L., Pistaciacée, Méditerranée, Asie mineure. Térébinthe.

157. *Syringa candida*: *Philadelphus coronarius* L., Philadelphacée, Europe Sud. Seringat.

161. *Tamariscus*, *Myrica*: *Tamarix gallica* L., Tamaricacée, Europe Sud, Afrique du Nord. Tamaris, Tamarix.

Ms 5869.- HERBARIUS VIVUS.

Au premier feuillet, au-dessus du titre, une note d'une écriture différente, libellée « *ad Usus apoticariae Soc. tis Jesu Gandavi* », nous apprend que l'herbier appartenait aux Jésuites de Gand et servait d'herbier de comparaison pour les besoins de la pharmacie. Il date du milieu du XVII^e siècle et compte 258 feuillets garnis de plantes fixées au moyen de bandelettes. La reliure est de parchemin, au format 43 x 27 cm. Les noms latins sont placés à côté des échantillons qui sont au nombre de 510. Il y a quelques synonymes et généralement les noms flamands sont ajoutés.

Les plantes sont rangées sans ordre déterminé et il n'y a pas de table. J. CAROLUS a dressé la liste et l'a numérotée suivant la position des échantillons dans l'herbier.

C'est un bon herbier; les échantillons sont généralement bien conservés. Nous avons relevé environ 25 % de plantes exotiques [10], dont voici la liste pour autant qu'elles ne figurent pas ailleurs déjà. Nous donnons la page du manuscrit et le numéro de CAROLUS, comme précédemment:

16 (38). *Vitis vinifera*, tamme wyngaert: *Vitis vinifera* L., Vitidacée, Asie sud-ouest. Vigne.

120 (255). *Foenum graecum*, Silicia, Fenugriek: *Trigonella foenum graecum* L., Papilionacée, Europe Sud. Fenugrec. CAROLUS prétendait que l'échantillon vieux d'environ deux siècles (de son temps) avait conservé son odeur agréable. Quoiqu'il en soit, en 1972 nous n'avons rien décelé!

122 (259). *Flos indianus*, *Flos solis*, *Chrysanthemum peruvianum*, Sonnebloeme: *Helianthus annuus* L., Composée, Mexique. Grand Soleil. Tournesol.

122 (260). *Convolvulus indicus sive peregrinus*, West-Indiaensche Winde: *Calonyction aculeatum* (L.) HOUSE (*Ipomoea bona-nox* L.), Convolvulacée, Indes occidentales.

181 (373). *Amarantus tricolor*, Papegay vederen: *Amarantus tricolor* L., Amaranthacée, Indes orientales.

205 (421). *Tamarindus*: *Tamarindus indica* L., Césalpiniée, Afrique tropicale. Tamarinier.

218 (445). *Coriandrum*, Coriander: *Coriandrum sativum* L., Umbellifère, Méditerranée, Asie mineure. Coriandre.

Ms 5870.- (HERBIER ANONYME).

Cet herbier ne porte ni titre, ni nom d'auteur, ni lieu d'origine. Il n'est pas daté, mais est semblable aux autres herbiers de cette série. On peut donc le considérer comme datant du XVIIème siècle. Il se compose de 337 pages, sous une reliure de parchemin, au format 43 x 30 cm. Les plantes, au nombre de 772, sont généralement collées. Beaucoup d'échantillons ont été transférés d'un autre herbier et collés à nouveau avec une colle de mauvaise qualité. Un grand nombre de plantes sont de ce fait méconnaissables.

L'auteur n'a donné que les noms des plantes, avec quelques rares synonymes. Parfois il ne leur a attribué qu'un numéro, com-

me s'il n'avait pas eu le temps d'achever son travail. Il n'a pas fait de table. CAROLUS a renoncé à dresser la liste...

Cet herbier ne manque cependant pas d'intérêt. On remarque, par exemple, que certaines plantes sont rangées en groupes qui correspondent assez bien aux familles de la classification moderne. Il y a, par exemple, une série de 35 graminées, parmi lesquelles, au folio 5, un spécimen de « *Triticum multiplici spica Lobelii* », c'est-à-dire un blé à épi ramifié. De nos jours ce froment porte les noms de « Blé de miracle » ou « Blé d'abondance ». C'est une forme de *Triticum turgidum* L.

L'herbier 5870 ne compte que très peu de plantes exotiques. Un examen rapide n'en a révélé qu'une dizaine, toutes déjà mentionnées plus haut, sauf au folio 335 le Platane d'Orient. Cette essence ornementale bien connue a été introduite dans nos régions à la fin du XVIème siècle.

MSS 5882/5883.- CRUYDTBOECK HANDELENDE VAN DE NATURE DER CRUYDEN... DOOR JOSEPHUS WISSINCK, AN. 1669 EN 1670

Le titre complet de cet herbier se lit: « *Cruydtboeck handelen- de van de nature der cruyden en hoe dat sy goet syn te gebruy- cken; getrocken uyt autentycke geapprobeerde medecynboecken* ». Il se présente sous une reliure du XIXème siècle. Les volumes sont numérotés de façon inexacte, le 5883 étant le volume I. Ils se composent respectivement de 181 feuillets + 2 pages d'index et 189 feuillets + 2 1/2 pages d'index. Le format est de 32 x 21 cm. A la page 3 l'auteur précise sa qualité: « *Joseph Wissinck pharmacopola antverpiensis* » inscrite sur une étiquette collée en travers de la base d'une plante.

Ce travail est beaucoup plus qu'un herbier, c'est un véritable manuel, une « Matière médicale ». Il y a beaucoup plus de texte que de plantes, l'auteur citant les noms et synonymes en latin et en flamand, et des extraits de quelque vingt-cinq sources différentes qu'il a utilisées. Il donne une foule de renseignements concernant les usages thérapeutiques, les préparations pharmaceu- tiques, etc.

On pourrait supposer que ce travail a été rédigé en vue d'une publication, n'était le fait assez étonnant, comme le note aussi CAROLUS, que parmi les sources on ne trouve ni DODOENS,

ni DE L'ESCLUSE, ni DE LOBEL. On concevrait difficilement que l'auteur qui paraît très scrupuleux et qui travaillait à Anvers, aurait publié dans cette ville un ouvrage ignorant systématiquement ces trois illustres savants. Il semble donc plus raisonnable de croire que WISSINCK, qui possédait certainement les ouvrages des trois botanistes précités, s'est constitué un recueil de renseignements tirés de divers auteurs dont il ne possédait pas les ouvrages.

Les plantes sont rangées par ordre alphabétique. Le premier volume en décrit 92, le second 85 répertoriées dans l'index qui s'arrête à *Lavendula*. En réalité il y en a encore quelques dizaines et en outre, l'ouvrage étant inachevé, une centaine de pages préparées pour recevoir des échantillons. Des noms y sont inscrits avec parfois un peu de texte. Quelques rares plantes sont déjà en place.

Les échantillons sont entièrement collés; parfois des bandelettes ont été ajoutées. Ils sont généralement en bon état mais certains ont été perdus, tandis que d'autres (dans la partie supposée achevée des deux volumes) n'ont manifestement jamais existé. Il s'agit alors généralement hélas, mais cela n'est pas étonnant, d'espèces exotiques. Normalement l'ouvrage aurait dû en contenir environ 15 %.

Nous ne citons que six espèces, dont trois cependant figurent dans les listes précédentes:

Ms 5883.-

p. 71. *Amomum*: *Amomum spp*, Zingibéracées d'Asie méridionale. Il y avait beaucoup de confusion dans la terminologie, à l'époque, outre divers succédanés et adultérants, provenant de plantes très éloignées systématiquement.

p. 77. *Anacardus*, *Anacardion*: *Semecarpus cassuvium* ROXB., Anacardiacee, Malaisie, Indonésie. Anacarde oriental, qu'il ne faut pas confondre avec l'espèce d'Amérique tropicale: *Anacardium occidentale* L., plus connue de nos jours et généralement désignée sous le nom de Cajou, qui est le « Cashew » des Anglais.

p. 160. *Balaustium*, *Flos mali punici*, Granaetbloem: la fleur du grenadier sauvage, *Punica granatum* L., Punicacée d'Asie S-W. Elle était plus appréciée que la fleur du grenadier cultivé.

p. 316. *Coriandrum*: *Coriandrum sativum* L.

p. 335. *Crocus sativus*, *Sanguis herculis*, Saffraen: *Crocus sativus* L., Iridacée, Méditerranée. Safran, Safran d'automne.

Ms 5882.-

p. 25. *Dictamus*, *Pulegium indum*, Diptam: il n'y a pas d'échantillon, mais le texte indique que l'auteur s'est intéressé à deux espèces au moins: le dictamne blanc ou *Dictamnus albus* L. (Rutacée d'Europe sud) et le dictame de Crète, *dictamnus legitimum* ou *Amaracus dictamnus* (L.), BENTH. (Labiée de Crète). Cfr 92/255.

Ms II-5046.- (HERBIER ANONYME).

Ce manuscrit d'époque XVIIème siècle ne porte pas de titre, ni de nom d'auteur. J. CAROLUS ne l'a pas connu. A la page de garde on lit les noms de deux propriétaires assez récents (XIXe siècle): Léon Piret, puis J. Ernotte, 12 place Wiertz, Namur. Le manuscrit a été ultérieurement en possession de l'Administration communale d'Uccle. La Bibliothèque royale l'a acquis en 1910. Il comporte 150 feuillets + un index alphabétique de 11 pages, sous une reliure de parchemin, format 29 x 25,5 cm.

La page de garde porte une note naïve ou astucieuse d'une écriture moderne libellée: « Herbiere attribué à Dodonée, vieux de plusieurs siècles ». Une main plus récente a ajouté au crayon à côté de Dodonée: « en 1550 ».

Cet herbiere est particulièrement beau et la plupart des plantes sont bien conservées. La page de droite porte l'échantillon, celle de gauche quelques lignes de texte à caractère médical. Les plantes, 149 au total, sont rangées sans ordre déterminé. Elles sont collées comme c'était généralement le cas à l'époque et donc pour la plupart des herbiers précités. A la fin du volume il y a quelques pages blanches où l'on trouve encore quelques plantes non fixées.

Les plantes exotiques sont au nombre de quinze, soit 10 %. Toutes ont déjà été mentionnées plus haut: aristoloches, hysope, lavande, réglisse, marjolaine, origan, etc.

* * *

Il existe encore en Belgique quelques autres herbiers anciens que nous n'avons pas examinés. J. CAROLUS en signale plusieurs, dont le plus important est celui du Chanoine Bernard WYNHOUTS [11], de l'Abbaye de Dileghem de l'Ordre de Prémontré, à Jette-St-Pierre, supprimée en 1796. Le titre de cet

herbier, achevé en 1633, précise qu'il contient les plantes cultivées dans le Jardin de l'Infirmierie de l'Abbaye. Ceci est particulièrement intéressant pour l'histoire de la botanique et de l'agriculture en Belgique. Cet herbier qui contient plus de 700 plantes est probablement le plus important, du point de vue scientifique, parmi les anciens herbiers conservés en Belgique. Il a appartenu au siècle passé au Prof. J. KICKX de l'Université de Gand. Il est conservé actuellement à l'Institut Botanique de cette université. R. COURTOIS y a relevé un nombre assez élevé de plantes exotiques, dont 74 qui, d'après lui, ne figurent pas dans les ouvrages de DODOENS [12].

Il doit exister bien d'autres herbiers dans diverses institutions ou en possession de particuliers. D'après des renseignements reçus de M. E. Goemans, conservateur au Jardin botanique national de Bruxelles, celui-ci ne possède comme herbier relativement ancien que celui de Karl von MARTIUS, qui date des années 1810-1820. Le Jardin botanique d'Anvers possède l'herbier VAN HEURCK (XIXe siècle), dans lequel est incorporé celui de SIEBER (vers 1780), acheté par van Heurck en 1867, et un certain nombre de types provenant de LINNE, JACQUIN, etc.

CAROLUS pense que DODOENS, DE L'ESCLUSE et DE LOBEL possédaient des herbiers. La chose est très probable puisque l'on sait qu'ils avaient de nombreux amis et correspondants qui leur envoyaient des plantes. Nous avons montré qu'il en est réellement ainsi pour Charles DE L'ESCLUSE puisque nous avons de lui un texte de 1602 qui contient des instructions afin que le personnel médical de la Compagnie des Indes Orientales prépare des herbiers à son intention. On sait qu'il a reçu ce matériel, car il est décrit dans « *Exoticorum libri decem...* » publié chez Plantin à Anvers en 1605. Nous avons reproduit ces instructions dans une communication présentée au Congrès historique de Malines en 1970.

Adrien VAN DER SPIEGEL avait lui aussi des herbiers. La chose est évidente puisqu'il a publié en 1606 la technique de préparation des herbiers, « *Hortos Hyemales conficiendi ratio* », que nous avons également reproduite dans la communication précitée.

Que sont devenus ces herbiers? Il ne semble pas qu'ils se trouvent dans notre pays. Peut-être faudrait-il chercher dans les pays étrangers où ces botanistes ont séjourné, plus particulièrement en

Autriche et en Hollande pour DODOENS et DE L'ECLUSE, Angleterre pour DE LOBEL, Italie pour VAN DER SPIEGEL ?

* * *

Arrivé au terme de cet exposé, si on nous demandait quel intérêt scientifique peuvent présenter ces herbiers, nous serions obligés de dire que les botanistes de métier seraient plutôt déçus. Le matériel est toujours peu abondant: un rameau, quelques fleurs, très peu de fruits, parfois une simple feuille ! Les doubles sont rares. S'il y en a c'est souvent parce que l'auteur de l'herbier les croyait différents. Le systématicien moderne désire au contraire un matériel complet et abondant, afin de pouvoir sacrifier éventuellement quelques éléments pour en faire l'étude. Ses devanciers se plaignent d'ailleurs parfois d'être gênés par le manque de matériel. Ainsi il arrive à Charles DE L'ECLUSE de déclarer qu'il ne peut décrire complètement un fruit parce que, l'ayant reçu en prêt, il ne lui est pas permis de l'ouvrir !

L'intérêt scientifique des anciens herbiers est ailleurs. Ils constituent principalement une source de renseignements pour l'histoire de la botanique, de l'agriculture et de l'horticulture, s'ils sont accompagnés d'annotations diverses, comme certains des herbiers que nous avons étudiés. L'herbier WYNHOUTS est certainement le plus intéressant à ce point de vue. Ils permettent de déterminer approximativement la date d'introduction d'espèces nouvelles ou de diffusion en horticulture de variétés nouvelles, à condition de tenir compte de la possibilité que certains amateurs ont simplement procédé à des échanges d'échantillons d'herbier, comme le font de nos jours les collectionneurs de timbres postaux. Il faut tenir compte aussi que ces herbiers, comme plusieurs de ceux que nous avons examinés, pouvaient n'être que des sortes de pharmacopées à l'usage de communautés religieuses ou autres ou des herbiers de référence, servant à vérifier l'authenticité des simples provenant du commerce.

Grâce aux anciens herbiers on peut avoir aussi des indications sur la répartition ancienne de certaines espèces indigènes, sur l'époque de leur disparition éventuelle ou de leur régression. On découvrira parfois sur certains échantillons d'herbiers anciens des anomalies ou des attaques de parasites, ce qui peut intéresser l'his-

toire de la phytopathologie. Grâce aux graines que l'on peut y trouver on pourra avoir des indications sur la durée de conservation de la faculté germinative.

Enfin on trouvera éventuellement des dénominations locales ou dialectales qui ne figurent pas dans les ouvrages botaniques de l'époque, ce qui peut intéresser les linguistes.

25 février 1976.

NOTES

(1) Nous devons cette liste à l'obligeance de M. Henri MICHEL, président du Centre national d'Histoire des Sciences, qui l'avait fait dresser à notre intention, en 1963.

(2) Cet inventaire se rapporte uniquement aux manuscrits scientifiques compris dans la série 5 000 à 10 000.

(3) Ce patient travail rend certainement service aux chercheurs et nous a été très utile. Il faut toutefois noter que J. CAROLUS a fait des erreurs de lecture ou laissé passer de nombreux errata à l'impression, si bien que, si l'on se contentait de suivre ses listes, on ferait quelques mauvaises identifications ou bien, dans une étude comme nous l'avons conçue, on risquerait de négliger des plantes intéressantes. Ainsi dans l'énumération des plantes du ms 5862, nous avons relevé les erreurs suivantes pour les plantes portant dans sa liste les numéros: 30. *Marus alba* au lieu de *Morus alba*: on serait tenté de voir sous le premier nom un *Marum* qui désignait jadis diverses Labiées, alors qu'il s'agit du mûrier blanc de Chine. - 31. *Cypressus alba*: non pas un cyprès, mais *Cypressus herba*, une Composée du genre *Santolina*. - 122. *Asparine* qui ne correspond à rien, pensons-nous, au lieu d'*Aparine* où l'on reconnaît immédiatement un *Galium*. - 124/5/6. Trois plantes dénommées *Phyllium* au lieu de *Psyllium*: la première graphie fait penser à *Phyllum* et conduit au genre *Mercurialis* (Euphorbiacées), alors qu'il s'agit de trois sortes de *Plantago* (Plantaginacées). - 284. *Lysispermum* qui n'éveille rien dans notre esprit, au lieu de *Lycopersicum* qui est la tomate. - Une omission: *Valeriana rubra* qui devient le 271bis. - Une assimilation injustifiée: *Rubia cretica vel tinctorum*, 121, et 121bis à ajouter, dont nous parlerons plus loin. - Le n° 273 donne un exemple de mauvaise lecture dans un nom flamand: « botekerse » au lieu de « boerekerse » qui est une espèce du genre *Tblaspi*.

Grâce aux listes de CAROLUS on gagne un temps précieux et on s'évite des déplacements à la B.R., mais il est indispensable de faire des vérifications.

(4) CAROLUS mentionne deux herbiers manuscrits qui se trouvent à la Section des Imprimés. Le premier est dénommé par lui « *Herbier des plantes indigènes et des végétaux exotiques les plus curieux* ». De son temps il était en mauvais état et sans reliure. Le second porte le titre de « *Agrostographia. 1792* ». Tous deux sont de la fin du XVIIIe siècle. Nous ne les avons pas examinés, puisqu'ils sortaient du cadre de notre étude.

(5) Les lettres entrelacées se lisent assez difficilement. CAROLUS a lu A.P.L., sans doute en se basant sur les indications de la page de titre du ms 5863. Voir la note 8.

(6) On reconnaît les noms d'une vingtaine d'auteurs: Anguillara, Brunfels, Cesalpinus, Camerarius, Castor, Clusius, Cordus, Dodonaeus, Fuchsius, Galenus, Gesnerus, Lacuna, Lobelius, Lonicerus, Manlius,, Mathiolus, Plinius, Pena, Tragus, Pelleterius. - *Belgice* = en flamand, *Gallice* = en français. A l'époque on désignait le flamand sous le nom de « *lingua belgica* ».

(7) Il se peut que quelques noms scientifiques modernes ne soient pas les dénominations actuellement admises, des révisions récentes pouvant nous avoir échappé. Ceci est sans grande importance, l'essentiel du travail d'identification étant fait. Il est en effet beaucoup plus facile de trouver la dernière dénomination officielle que d'établir la concordance entre les appellations anciennes et la terminologie linnéenne.

(8) Au bas de la page un monogramme présente, en grands caractères d'imprimerie comme ceux du titre, les lettres A.P.L.S. entrelacées. La préface cependant est signée du même monogramme et de la même écriture, en caractères cursifs, que le ms 5862. Nous pensons que l'auteur des deux herbiers est A.C.L. Dans les lettres A.P.L.S. nous croyons voir l'indication de la propriété du volume: *AP(oticaria) S(ocietatis) L(ovanii)*.

(9) Il ne faudrait pas confondre « *Isatis silvestris* » avec une autre plante tinctoriale: *Isatis tinctoria* L., Crucifère d'Europe méridionale et d'Asie occidentale, le pastel des teinturiers ou guède.

(10) On notera que dans la série d'herbiers de la Bibliothèque royale, ce sont ceux qui proviennent des Collèges de la Société de Jésus qui contiennent le plus de plantes exotiques. Nous en avons relevé respectivement dans les mss 5862, 5863/73 et 5869, provenant des Collèges de Bruxelles, Louvain et Gand: 46, 30 et 25 %. Ce sont aussi généralement les meilleurs au point de vue de la qualité.

(11) M.R. Van den Haute, archiviste de la Commune de Schaerbeek, avait attiré notre attention sur ce précieux document, lors du Congrès de Malines, en septembre 1970.

(12) L'herbier WYNHOUTS, datant de 1633, serait le deuxième par ordre d'ancienneté parmi les herbiers belges. Richard COURTOIS, dans une étude qu'il a consacrée en 1835 aux « *Pemptades* » de DODOENS, a donné des listes de plantes de l'herbier WYNHOUTS, notamment de celles qu'il n'aurait pas trouvées dans les ouvrages du botaniste malinois. Il a relevé ainsi 74 plantes exotiques et 210 espèces indigènes ou européennes. N'ayant pas pour l'instant la liste complète (plus de 700 espèces) nous ne pouvons indiquer le nombre total, ni le pourcentage de plantes exotiques de cet herbier. Rappelons que toutes ces plantes étaient en culture à l'Abbaye de Dileghem, ce qui est particulièrement intéressant. Nous citons ci-dessous quelques-unes des plus remarquables, avec la concordance indiquée par COURTOIS, sauf quelques rectifications ou mises au point:

Rosa hierochuntica = *Anastatica hierochuntica* L., Crucifère d'Asie mineure, Arabie, Afrique du Nord. Rose de Jéricho.

Bixa ovoida (il faut sans doute lire « *Oviedi* ») = *Bixa orellana* L., Bixacée d'Amérique tropicale. Rocouyer, Annatto.

Ananas = *Ananas comosus* (L.) MERR., Broméliacée, Amérique trop.

Guaiacum verum ex Curaçao = *Guaiacum officinale* L., Zygophyllacée des Indes occidentales. Gayac.

Indigo sive Anil ex India occidentali = *Indigofera anil* L., Papilionacée d'Amérique tropicale. Indigotier.

Quamoclit sive Convolvulus pinnatus = *Quamoclit pennata* (DESR.) BOJ. (*Ipomoea quamoclit* L.), Convolvulacée d'Amérique tropicale. « Cheveux de Vénus ».

Flos cardinalis = *Lobelia cardinalis* L., Campanulacée d'Amérique.

Herba viva sive Mimosa indica = *Mimosa pudica* L., Mimosacée du Brésil. Sensitive. - A noter cependant que le nom « *Herba viva* » se rapportait à l'époque généralement à une plante d'Asie tropicale et de l'Archipel malais, plus anciennement connue: *Biophytum sensitivum* (L.) DC. de la famille des Oxalidacées. Herbe d'amour, Oseille sensitive.

Nux moschata = *Myristica fragrans* HOUTT., Myristicacée originaire des Moluques. Muscadier.

Faba brasiliana = *Phaseolus vulgaris* L., le haricot commun.

Yucca indica = *Yucca gloriosa* L., Agavacée d'Amérique.

Bernard Wynhouts devait certainement disposer d'une serre pour abriter certaines plantes pendant l'hiver. Ajoutons, d'après CAROLUS, qu'il pratiquait déjà en grand au début du 17^{ème} siècle la culture de la pomme de terre.

BIBLIOGRAPHIE

- CALCOEN, R.: Inventaire des manuscrits scientifiques de la Bibliothèque royale de Belgique. Tome II. (Centre national d'Histoire des Sciences, Bibliothèque royale, Bruxelles, 1971, 119 p.).
- CAROLUS, J.: Recherches sur les herbiers des anciens botanistes et amateurs belges (*Annales de la Société des Sciences médicales et naturelles de Malines*, XII, 1855, p. 89-156. - Malines, Steenackers-Klerx, 1857, 8°, 67 p.).
- CAROLUS, J.: Recherches sur la vie et les travaux de Bernard Wynhouts, horticulteur belge (*Annales de l'Académie d'Archéologie de Belgique*, Anvers, XII, 1855, p. 204-207).
- COURTOIS, R.: *Commentarius in Remberti Dodonaei Pemptades* (Nova Acta physico-medica Academiae Caesareae Leopoldino-Carolinae Naturae Curiosorum, Allemagne, 1835, tome 17, pars II, p. 761-841).
- DEMIRIZ, H.: *Dorycnium* MILLER (Reprint from P.H. Davis. Flora of Turkey, III, Edinburgh, 1970, p. 512-518).
- LEJEUNE, A.: Remarques critiques sur le mémoire de Richard Courtois, inséré dans les Actes de l'Académie des Curieux de la Nature... (Nova Acta, XIX, 1, 1839, p. 385-406).
- OPSOMER, J.E.: Notes sur l'art des herbiers aux siècles passés (*Annales du XXI^{ème} Congrès de la Fédération Archéologique et Historique de Belgique*, Malines, 1970, p. 518-525).
- SPIGELIUS, A.: *Isagoges in rem herbariam Libri duo...* (Patavii, 1606).
- VERLEYEN, E.J.B.: Levensschets van Dr H. van Heurck en overzicht van zijn verzamelingen (Anvers, Ets Stockmans & Co, 1942, 12°, 96 p.)

**Marcel V. Homès et Germaine H. Van Schoor. —
Etudes complémentaires sur la fumure du maïs
en Afrique centrale**

RÉSUMÉ

Le progrès de la méthode des variantes systématiques a rendu possible le calcul du rendement d'une culture fumée à l'engrais minéral pour toutes les proportions des éléments de cette fumure. On peut ainsi mettre en évidence l'existence d'un rendement maximum probable et, dans certains cas, de combinaisons d'engrais à effet dépressif (rendement inférieur au témoin non fumé). On peut aussi mesurer la réactivité différentielle de la plante aux variations des proportions ioniques dans la fumure. Ces calculs ont été appliqués dans le présent travail aux résultats obtenus en 1954 et 1955 par l'INEAC dans son réseau de stations expérimentales.

* * *

SAMENVATTING

Nieuwe aanpassingen van de « Methode der systematische Varianten » brengen nieuwe mogelijkheden voort: Opbrenghberekening voor alle verhoudingen tussen de chemische elementen in de minerale bemesting en o.a. maximum opbrengst; depressieve verhoudingen in de bemesting; specifieke reactie van de plant tot de variaties in de ionische verhoudingen, enz. Deze berekeningen werden in dit werk toegepast op resultaten die bekomen werden in 1954 en 1955 door het NILCO in zijn verschillende proefstations.

* * *

En 1954 et 1955, l'INEAC a organisé, dans un certain nombre de ses stations, une expérience en réseau sur la fumure du maïs

étudiée par la méthode des variantes systématiques, au stade de développement atteint alors par cette méthode.

L'un des auteurs du présent travail a publié, dans le *Bulletin des séances* de cette Académie [1], une première analyse des résultats de cette expérience (1962).

Il est, sans doute, nécessaire de préciser ici que la méthode des variantes comprend essentiellement

(a) Un dispositif expérimental, rappelé dans la première publication et qui repose sur une variation des proportions des éléments nutritifs dans la fumure selon un système basé sur des considérations théoriques ;

(b) Un calcul, à partir des données expérimentales appelées « rendement-clés », qui fait intervenir un *facteur correctif* et conduit à définir les proportions optima des éléments minéraux dans la fumure à la dose utilisée, c'est-à-dire la composition optima de cette fumure.

Sur ce second point, évidemment essentiel, les travaux conjoints des auteurs de cette note ont conduit à améliorer la définition statistique du facteur correctif au point que le résultat du calcul, c'est-à-dire l'optimum de la fumure, est connu avec une précision égale en moyenne à celle que peut donner le meilleur calcul de régression. Cette amélioration a été obtenue après comparaison de la validité de plusieurs calculs de régression et choix du meilleur tracé et provient d'un calcul statistique qui porte actuellement sur plusieurs centaines de couples de données [2 et 5]. Le calcul de ce facteur correctif, désigné par F , est exposé dans ces derniers travaux et des tables préétablies permettent d'ailleurs de le trouver en fonction des conditions et résultats de l'expérience sans qu'il soit nécessaire de refaire ce calcul dans chaque cas.

Une fois, ce facteur F connu, le calcul de l'optimum de composition est élémentaire et comporte trois phases:

(1) Calcul de chacune des composantes de l'optimum « brut » par

$$B = \frac{y_1}{\Sigma y}$$

Il y a autant de valeurs de y (rendements-clés) que des variantes systématiques. Si y_1 est la plus petite de ces valeurs, la valeur de

\underline{B} qui correspond est la plus petite composante de l'optimum brut, ce que l'on précise en l'écrivant \underline{B}_p .

(2) Calcul (ou recherche dans les tables) de \underline{F} à partir de \underline{y} caractère des variantes systématiques) de \underline{B}_p et de \underline{y}_i (rendement témoin).

(3) Calcul de chacune des composantes de l'optimum corrigé par

$$O = \frac{B - 1/n F}{1 - F}$$

où O et B correspondent à la même composante dans les deux optima (corrigé et brut) et où n est le nombre de variantes systématiques.

Le premier apport de nos travaux récents est donc l'amélioration de la valeur de l'optimum de fumure, ce qui était jusqu'alors, notre seule préoccupation.

Mais la possession d'une valeur suffisamment fiable de cet optimum nous a mis en mesure de proposer un mode de calcul nouveau de la courbe ou surface de réponse du végétal aux variations des proportions des éléments nutritifs dans l'alimentation ou la fumure (3 et 4). Jusqu'ici le moyen d'obtenir le tracé (et les paramètres) de ces courbes ou surfaces était la régression. Or celle-ci, outre qu'elle est fort longue à faire (ce qui explique qu'il y ait eu jusqu'ici si peu de tentatives) présente un risque d'échec : en raison des inévitables erreurs accidentelles, elle peut conduire à des paramètres qui rendent la fonction (ou son expression graphique) physiologiquement et pratiquement inacceptable car y peut y prendre des valeurs nulles, négatives ou infinies. Elle exige en outre un grand nombre de données expérimentales, donc de traitements: au minimum quatre (et c'est fort peu) pour une interaction binaire (proportions variables de deux éléments), sept pour une interaction ternaire (trois éléments).

Notre procédé exige seulement un nombre de traitements égal au nombre d'éléments en variation (deux pour une interaction binaire, trois pour une interaction ternaire, et ainsi de suite) et repose sur le fait que la validité de l'optimum calculé permet de le considérer comme la condition d'annulation de la dérivée de la

fonction représentative du phénomène observé. Des publications définissent les calculs à opérer [3 et 4].

Disons seulement que la fonction de la surface ternaire est la suivante, pour une expérience en sol réel, où x_1 , x_2 et $1-x_1-x_2$ sont les proportions relatives de trois éléments dans la fumure:

$$y = ax_1^2 + bx_1 + cx_2^2 + dx_2 + e$$

Les paramètres se calculent grâce aux trois équations des rendements-clés (en posant $y_1 \leq y_2 \leq y_3$)

$$y_1 = aV^2 + bV + cv^2 + dv + e$$

$$y_2 = av^2 + bv + cV^2 + dV + e$$

$$y_3 = av^2 + bv + cv^2 + dv + e$$

et grâce aux relations suivantes où O_p , O_1 et O_g sont les trois composantes de l'optimum :

$$-\frac{b}{2a} = O_p$$

$$-\frac{d}{2c} = O_1$$

Or, il existe un premier intérêt à la connaissance de ces fonctions: elles permettent le calcul de toute valeur de y dont on connaît les x et qui présentent, pour l'expérimentateur, un intérêt quelconque. Nous songeons évidemment tout d'abord à la valeur de y correspondant à l'optimum, c'est-à-dire au rendement maximum escomptable dans les conditions de l'expérience. Cette information est de premier intérêt: elle peut conditionner l'emploi de la fumure. L'optimum de composition est le *moyen* à utiliser; le rendement maximum est le *but* du travail. Si ce rendement n'est pas intéressant, la connaissance de l'optimum est inutile: nous en verrons des exemples plus loin.

En outre, de l'examen des quelque cent cinquante surfaces et deux cents courbes que nous avons pu tracer grâce à l'ordinateur, il nous est apparu que ces surfaces, en particulier, présentaient d'autres caractères intéressants, tels que le degré de courbure et sa signification, la possibilité de définir une ellipse de confiance, autour de la valeur du rendement maximum et non seulement de

la valeur de l'optimum, enfin la mise en évidence de fumures à effet dépressif. Nous illustrerons ces informations dans le cas de l'expérience en réseau de l'INEAC qu'il nous a donc paru utile de reprendre à la lumière de ces nouvelles possibilités.

* * *

Données de l'expérience. Les variantes systématiques sont du type ternaire (anioniques et cationiques) et caractérisées par $\nu = .13$ (voir 5). La dose d'engrais était de 700 kg/ha comprenant 1.500 équiv. utiles. Le complément ionique était constitué de parties égales des trois ions complémentaires et le rapport anions/cations égal à l'unité. La plante cultivée était le maïs. Les rendements dont il est question s'entendent en grain séché à l'air.

La culture a été pratiquée deux années consécutives, sauf pour les stations dont les noms figurent aux quatre dernières lignes du *tableau I* (deux sols différents pour Gimbi). Les données du *tableau I* sont calculées sur la base de l'accroissement moyen de rendement par rapport au témoin et du rendement-témoin moyen

Tableau I. — Rendement témoin et accroissement de rendement sous l'effet de la fumure en kg/ha

Station	Témoin	Accroissements					
		N	S	P	K	Ca	Mg
Vuazi	1 874	806	412	300	281	731	656
Bambesa	1 583	475	459	633	665	364	554
Lubarika	3 642	182	219	0	182	146	109
Kaniama	2 509	1 255	477	527	979	652	1 154
Nioka	3 745	262	375	524	150	412	487
Hawa	1 595	383	367	606	367	654	510
Rubona	786	456	597	927	825	660	700
Kisozi	926	676	1 000	1 185	796	222	130
Lilanda	1 988	696	179	477	616	477	358
Boketa	1 466	572	469	689	630	410	498
Dihira	445	71	58	98	80	67	45
Keyberg	993	675	318	308	447	566	457
Kijaka	1 005	965	412	211	523	663	643
Gimbi 1	91	127	231	193	193	214	194
Gimbi 2	1 385	803	263	55	291	512	886
Gandajika	2 741	82	466	493	630	329	685
Mulungu	1 674	201	218	234	184	117	100

pour les deux années. Les noms des stations sont ceux utilisés à l'INEAC.

Notre étude comportera trois volets:

1. Comparaison empirique des résultats;
2. Optimum de fumure selon la méthode des variantes systématiques;
3. Informations tirées des surfaces de réponse aux interactions ternaires.

1. COMPARAISON EMPIRIQUE

Même si l'on n'admet pas le calcul propre à la méthode des variantes systématiques (et il nous est impossible d'argumenter à ce propos dans cette note), le dispositif de la méthode permet une exploration empirique de l'effet des proportions relatives des éléments nutritifs dans la fumure par la simple comparaison des données du *tableau I*. Nous résumons le résultat de cette comparaison dans le *tableau II* qui comporte, pour chaque station, le rendement témoin, le traitement le plus favorable défini par son

Tableau II. — Rendement témoin et variante la plus favorable.

Station	Témoin kg/ha	Symbole	Accroissement de rendement		
			absolu kg/ha	g par k d'engrais	relatif en % du témoin
Kaniama	2 509	N (Mg)	1 255	1 791	50
Kisozi	926	P (K)	1 185	1 693	128
Kiyaka	1 005	N (Ca)	965	1 379	96
Rubona	786	P (K)	927	1 324	118
Gimbi 2	1 385	(N) Mg	886	1 266	64
Vuazi	1 874	N (Ca)	806	1 151	43
Lilanda	1 988	N (K)	696	994	35
Boketa	1 466	P (K)	689	984	47
Gandajika	2 741	(P) Mg	685	979	25
Keyberg	993	N (Ca)	675	964	68
Bambesa	1 583	(P) K	665	950	42
Mt Hawa	1 595	(P) Ca	654	934	41
Nioka	3 745	P (Mg)	524	749	14
Mulungu	1 674	P (K)	234	334	14
Gimbi 1	91	S (Ca)	231	330	254
Lubarika	3 642	S (K)	219	313	6
Dihira	445	P (K)	98	140	22

symbole (celui-ci correspond à l'élément dont la proportion est la plus élevée)*, l'accroissement relatif et absolu qui y correspond ainsi que l'accroissement exprimé en grammes de grain par kg d'engrais appliqué (E). Les résultats sont classés dans l'ordre décroissant des accroissements absolus. Il apparaît ainsi que les quatre dernières stations ne montrent qu'un accroissement dérisoire (moins de 250 kg/ha ou 350 g/kg E). Nous n'en reparlerons plus de façon systématique ci-dessous. Il apparaît, en outre, qu'aucune corrélation valable n'existe entre l'accroissement absolu et l'accroissement relatif ou le rendement-témoin, comme ce serait le cas si les autres facteurs de productivité étaient les mêmes partout: ce n'est donc pas le cas. Ainsi le coefficient r pour la relation accroissement absolu/accroissement relatif vaut $+ .12$ et, pour la relation accroissement absolu/rendement témoin, vaut $-.02$.

Certes, certains accroissements à la fois très bas en valeur absolue et en valeur relative existent et correspondent à un témoin très élevé, comme il est normal (cas de Lubarika), de même qu'un accroissement relatif considérable peut être corrélatif d'un témoin très bas (Gimbi 1) mais l'absence de relation générale est apparente. On remarquera encore que la dominance \underline{S} ne se rencontre que dans les cas à négliger, c'est-à-dire que cette dominance n'est pratiquement responsable d'aucun accroissement de rendement valable.

La comparaison empirique fait apparaître que les dominances les plus fréquemment utiles sont, selon les endroits, soit N, soit P, ce qui pourrait induire à penser qu'un engrais uniquement azoté ou phosphaté serait dans ces stations très suffisant. Nous verrons plus loin que cette interprétation serait erronée et très dangereuse.

2. OPTIMUM DE COMPOSITION DES FUMURES

Les nombres figurant au tableau III proviennent de l'application du calcul selon la méthode des variantes systématiques utilisant la correction la plus récente. C'est en cela qu'ils diffèrent des résultats figurant dans la première publication [1].

* Le symbole placé entre parenthèses désigne le traitement le plus favorable du groupe ionique opposé.

Tableau III. — Optima de composition des fumures (en %)

Station	Optima anioniques			Optima cationiques		
	N	S	P	K	Ca	Mg
Kaniama	52	23	25	35	24	41
Kisozi	18	36	46	21	42	37
Kiyaka	58	27	15	26	38	36
Rubona	19	29	52	42	27	31
Gimbi 2	55	28	17	19	31	50
Vuazi	48	29	23	21	41	38
Lilanda	44	21	35	40	33	27
Boketa	33	26	41	41	26	33
Gandajika	24	38	38	37	25	38
Keyberg	54	23	23	29	41	30
Bambesa	30	29	41	41	24	35
Mt Hawa	29	27	44	25	42	33
Nioka	29	33	38	28	35	37

Ce tableau ne modifie d'ailleurs pas le classement qui résultait de la première publication mais la composition optimale est plus sûre. Bien entendu, pour chaque station, la fumure réellement la meilleure devrait combiner l'optimum anionique et l'optimum cationique et même le rapport Anions/Cations optimum, qui n'est pas étudié dans cette expérience.

Ces données, équivalentes dans leur nature, à celles que nous avons pu fournir dans la publication antérieure ne permettent pas de préjuger du rendement maximum que peuvent assurer ces optima ni, par conséquent, de l'opportunité pratique que leur application présente. Tout au plus peut-on dire, par définition d'un optimum, que ces rendements sont au moins aussi élevés que ceux de la meilleure variante figurant au *tableau II*.

3. LES SURFACES DE RÉPONSE AUX INTERACTIONS TERNAIRES

Par le moyen du calcul dont le principe est exposé p. 170, nous avons pu tracer à l'ordinateur les trente-quatre surfaces de réponse correspondant aux dix-sept stations. Dans l'impossibilité de les représenter toutes dans cette note, nous en figurons six qui présentent l'intérêt que nous allons préciser et nous donnons, d'autre part, les paramètres de toutes les surfaces (*tableaux IV et V*).

Tableau IV. — Paramètres des surfaces de réponse aux variations anioniques (1)
 $y = ax_1^2 + bx_1 + cx_2^2 + dx^2 + e$

Station	x_1	x_2	a	b	c	d	e
Vuazi	P	S	— 109	50.6	— 116	66.2	131
Bambesa	S	N	— 62.0	35.7	— 60.6	36.6	132
Lubarika	P	N	— 35.0	20.3	— 7.8	5.4	103
Kaniama	S	P	— 127	58.3	— 130.8	65.7	138
Nioka	N	S	— 42.2	24.9	— 34.0	22.2	109
Mt Hawa	S	N	— 79.0	43.0	— 79.2	46.0	129
Rubona	N	S	— 197	73.6	— 234	135	198
Kisozi	N	S	— 180	66.4	— 214	153	206
Lilanda	S	P	— 95.7	41.0	— 98.7	68.3	124
Boketa	S	N	— 69.4	36.8	— 61.3	40.2	139
Dihira	S	N	— 50.0	28.7	— 42.6	27.6	116
Keyberg	P	S	— 146	66.0	— 148	68.7	155
Kiyaka	P	S	— 215	64.7	— 265	140	177
Gimbi I	N	P	— 350	117	— 460	332	309
Gimbi II	P	S	— 166	56.1	— 202	112	142
Gandajika	N	S	— 62.5	29.9	— 11.2	8.41	114
Mulungu	N	S	— 14.4	9.22	— 8.06	5.38	112

(1) Les rendements sont exprimés en pourcent des témoins. Il en est de même au tableau V. Les paramètres sont donnés avec trois chiffres significatifs, le dernier étant forcé.

Tableau V. — Paramètres des surfaces de réponse aux variations cationiques (1)
 $y = ax_1^2 + bx_1 + cx_2^2 + dx + e$

Station	x_1	x_2	a	b	c	d	e
Vuazi	K	Mg	— 85.3	36.2	— 53.4	40.4	131
Bambesa	Ca	Mg	— 78.7	37.5	— 65.8	45.9	134
Lubarika	Mg	Ca	— 10.2	6.59	— 1.68	1.13	104
Kaniama	Ca	K	— 81.1	38.3	— 68.4	47.9	137
Nioka	K	Ca	— 44.6	24.7	— 16.9	11.9	109
Mt Hawa	K	Mg	— 79.3	39.4	— 74.8	49.3	132
Rubona	Ca	Mg	— 105	56.2	— 102	62.9	193
Kisozi	K	Mg	— 142	60.6	— 122	88.9	209
Lilanda	Mg	Ca	— 64.8	34.4	— 56.5	37.2	124
Boketa	Ca	Mg	— 72.5	37.8	— 66.6	43.3	135
Dihira	Mg	Ca	— 43.5	25.1	— 28.1	19.0	113
Keyberg	K	Mg	— 65.0	37.9	— 63.8	38.5	149
Kiyaka	K	Mg	— 67.4	34.7	— 29.4	21.1	161
Gimbi I	K	Mg	— 141	85.1	— 139	85.0	318
Gimbi II	K	Ca	— 143	53.8	— 173	106	149
Gandajika	Ca	K	— 58.7	29.5	— 20.2	14.8	121
Mulungu	Mg	Ca	— 32.1	19.9	— 28.7	18.4	107

(1) Voir remarque tableau IV.

SURFACES DE REPONSE

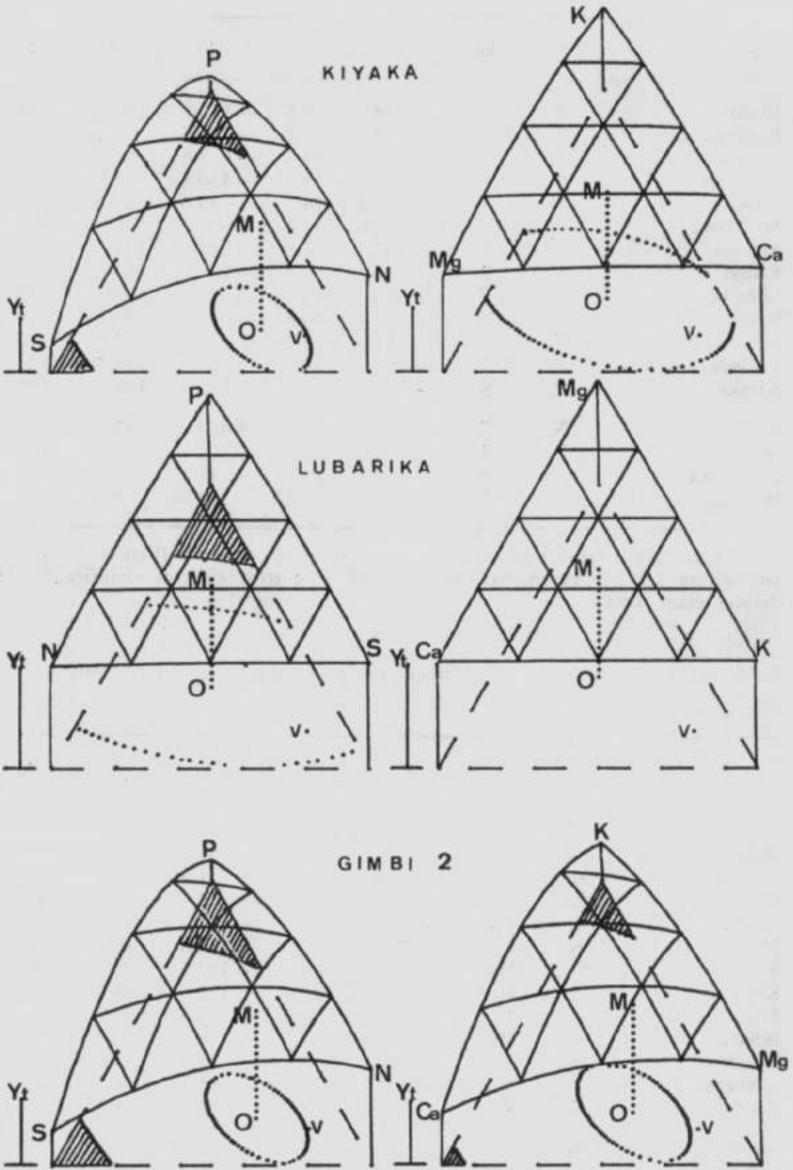


Fig. 1 — Réponse du maïs (rendement en grain/ha) en fonction des proportions ioniques dans la fumure (explication dans le texte).

Ces surfaces nous mettent, en effet, en évidence des caractères généraux et des caractères propres à chaque station.

Parmi les premiers figure le degré de courbure de ces surfaces. Au plus la courbure est forte, au plus la réactivité différentielle de la plante aux variations des proportions ioniques est forte.

Lorsque cette réactivité différentielle est élevée, cela signifie qu'il est particulièrement dangereux de s'écarter des proportions optima, les rendements diminuant fort dans ce cas.

Sur le plan général (ainsi d'ailleurs que nous l'avons observé dans des expériences conduites en Belgique) la surface de réponse anionique est plus convexe que la surface de réponse cationique. Les proportions anioniques sont donc plus importantes à respecter dans la fumure que les proportions cationiques. C'est ici le cas dans treize cas sur dix-sept.

Les surfaces relatives à Kiyaka (planche) illustrent ce cas fréquent où la surface anionique est fort convexe et la surface cationique à peine. Les surfaces relatives à Lubarika illustrent le cas où, en dépit d'une convexité légèrement plus forte encore pour la surface anionique, aucune des deux n'est fort courbée. Dans un tel cas, les proportions relatives des anions ou des cations sont sans grande importance (il s'agit d'ailleurs là de l'un des cas éliminés au § 1). Enfin les surfaces relatives à Gimbi 2 illustrent le cas où les deux surfaces sont très convexes et où les proportions tant anioniques que cationiques sont importantes.

Le second caractère d'importance générale mais très variable selon les cas est la possibilité, pour certaines zones de la surface, d'être situées en dessous du niveau du rendement témoin: cela correspond à des compositions de fumures dont l'effet est dépressif. C'était là une observation déjà faite dans l'emploi d'engrais simples: on en trouve l'explication ici dans l'effet défavorable des certaines interactions, ce que prévoyait notre formule théorique [3].

D'une façon générale, ces régions « dépressives » ont plus de chance d'exister dans les surfaces très convexes (voir planche: Kiyaka Anions et Gimbi Anions et Cations) mais on peut en trouver pour des surfaces *presque* planes (Lubarika Anions) en raison de leur inclinaison par rapport au triangle représentatif des proportions.

Parmi les caractères spécifiques, ces éléments reviennent lorsqu'il est possible de les chiffrer. Or on y arrive par le procédé qui fournit le dernier élément spécifique: l'ellipse de confiance. Cette ellipse réunit l'ensemble des points du triangle (compositions du fumure) dont l'effet ne se distingue pas de l'optimum. P. DAGNELIE a montré comment des points de cette ellipse pouvaient être calculés lorsqu'il s'agit de déterminer la validité de la condition optimum. Comme nous l'avons dit plus haut, on peut estimer plus intéressant de définir cette ellipse par l'ensemble des points correspondant à des *rendements* qui ne diffèrent pas valablement du rendement maximum. Il suffit pour cela de couper la surface par un plan horizontal situé à une hauteur définie par $y_{\max}^x (1 - D)$, D étant la plus petite différence significative dans la mesure des rendements exprimée en fraction de y_{\max} . Cette valeur peut être calculée dans chaque expérience. Dans les figures publiées, nous avons tracé ces ellipses en prenant pour D la valeur moyenne de toutes nos expériences (ceci dans un but que nous précisons plus loin). Les contours de cette ellipse sont alors projetés sur le triangle représentatif des proportions ioniques et ce sont ces contours qui figurent en pointillé sur la planche.

Or en prenant, pour toutes les surfaces, une même valeur de D , *le rapport entre l'aire de l'ellipse et celle du triangle mesure la convexité de la surface de réponse* et quantifie donc ce caractère que nous venons d'étudier. Remarquons que dans la figure relative à Lubarika-Cations, aucune ellipse n'est représentée *car elle dépasse en toutes directions le triangle*: c'est assez dire que, dans ce cas, les proportions cationiques n'ont aucune importance (voir *tableau VI*).

Enfin, la possession des paramètres des surfaces de réponse permet le calcul de tous les rendements utiles à connaître et en premier lieu, du rendement maximum escomptable dans chaque situation par l'application de la fumure optimum. Au stade qu'avait atteint le développement de notre méthode en 1954, ceci n'était possible que pour les anions et les cations pris séparément.

Nous pouvons signaler que les dispositifs expérimentaux mis au point depuis lors permettraient de calculer ce maximum pour les proportions optimales des six éléments majeurs en une seule opération et une seule expérience de six traitements.

Tableau VI. — Rapport de l'aire de l'ellipse de confiance à l'aire du triangle (en pour-cent)

N.B. Ce rapport varie de façon inverse à la convexité des surfaces de réponse.

Station	Surface		Station	Surface	
	Anions	Cations		Anions	Cations
Vuazi	20	32	Lilanda	22	37
Bambesa	38	32	Boketa	37	34
Kiyaka	14	60	Dihira	43	59
Lubarika	98	180	Keyberg	18	38
Kaniama	19	23	Gimbi 1	15	39
Nioka	51	69	Gimbi 2	14	17
Mt Hawa	29	30	Gandajika	70	59
Rubona	17	33	Mulungu	147	60
Kisozi	19	28			

Les valeurs des rendements maxima de chaque station figurent au 7.

Mais d'autres rendements sont intéressants à connaître et la possession des paramètres des surfaces permet de les calculer: ce sont les rendements correspondant aux sommets du triangle, c'est-à-dire à ceux qui sont produits par les engrais « simples » qu'ils représentent. Il sera aisé dès lors de voir, selon les cas, s'ils sont dépressifs pour les moins bons d'entre eux ou si, pour les meilleurs, ils peuvent éventuellement remplacer l'engrais composé optimum. En moyenne, la fumure optimum assure un surcroît de rendement supérieur de 8 % à celui de la variante la meilleure mais cet écart peut atteindre 22 % dans certains cas. Il n'est donc pas indiqué de remplacer, dans un but de simplification, la composition optima par la meilleure variante. D'autre part, le surcroît de rendement à l'optimum est en moyenne supérieur de 37 % à celui de l'engrais simple correspondant mais cet écart peut atteindre 60 % et il serait donc très dangereux de remplacer l'engrais optimum par l'engrais simple correspondant. Ceci répond à la question posée p. 173.

Un dernier point de la surface mérite d'être calculé: c'est le rendement correspondant au point central (proportions égales des trois constituants ioniques): le surcroît moyen de rendement maximum n'est que de 2 % supérieur au surcroît de rendement

correspondant à ce point central et cet écart atteint en un seul cas 9 %. Si l'on voulait pour simplifier l'application pratique, définir un engrais moyen qui conviendrait partout, on pourrait utiliser cet engrais-là. Remarquons qu'il possède les caractères d'un engrais équilibré en ce qu'il contient les six éléments essentiels, ce que les engrais simples ne présentent évidemment pas. Ce résultat n'est, bien entendu, valable que pour le réseau d'expériences analysé ici. Nous devons insister sur le fait qu'on ne saurait étendre une telle conclusion à d'autres conditions de culture, d'autres sols ni à d'autres espèces végétales et qu'il reste à connaître le meilleur rapport anions-cations pour lequel il nous est impossible, sur la base des données expérimentales, de juger si l'on peut, ou non, adopter une valeur moyenne.

4. COMMENTAIRES PARTICULIERS AUX DIVERSES STATIONS

Ces commentaires sont résumés dans le *tableau VII* de la façon suivante:

Fertilité naturelle: rendement témoin en pour-cent du rendement témoin moyen de toutes les stations sauf celles éliminées page 173.

Réponse maximum: rendement produit par la combinaison la plus favorable. Le rendement cité serait amélioré par la combinaison des optima anionique et cationique, ce que les circonstances ne nous ont pas permis d'étudier. Le rendement absolu est en kg/ha. Le rendement relatif est en pour-cent du témoin.

Combinaison (la plus favorable): C'est la plus favorable des deux maxima cationique et anionique. Elle est définie par le symbole de l'élément qui caractérise la proportion dominante. Le symbole placé entre parenthèses concerne la combinaison optimum du groupe ionique opposé et qui devrait être associée à la première pour assurer le réel maximum.

Réactivité différentielle: Se référer au *tableau VI*. Les cotes suivantes sont utilisées:

0 réactivité différentielle très faible. Rapport aire de l'ellipse de confiance / aire du triangle supérieur à 1 (100 % au *tableau VI*).

Tableau VII. — Commentaires particuliers aux diverses stations (voir p. 15).

Station	Fertilité % moy	Réponse maximum		Combinaison optimum	Réactivité différentielle		Engrais simples	
		absolue	relative		anions	cations	dépressifs	limite
Nioka	215	610	16	P (Mg)	2	2	N, K	S, Ca
Lubarika (*)	210	250	07	S (K)	1	0	P	N, S K, Ca, Mg
Gandajika	158	752	27	(P) Mg	2	2	N, Ca	
Kaniama	144	1 329	53	N (Mg)	4	4	S, P, Ca	
Lilanda	114	799	40	N (K)	4	3	S, P, Mg	
Vuazi	108	868	46	N (Ca)	4	3	S, P, K	
Mulungu (*)	96	241	14	P (K)	0	2	Mg	Ca
Mt Hawa	92	718	45	(P) Ca	3	3	S, K	N
Bambesa	91	736	46	(P) K	3	3	Ca	
Boketa	84	740	50	P (K)	3	3		Ca
Gimbi 2	80	974	70	(N) Mg	4	4	P, S, K, Ca	
Kiyaka	58	1 009	100	N (Ca)	4	2	P, S	
Keyberg	57	699	70	N (Ca)	4	3	P, S	
Kisozi	53	1 292	140	P (K)	4	3	N	
Rubona	45	977	124	P (K)	4	3	N	
Dihira (*)	26	109	25	P (K)	3	2	S, Mg	N, Ca
Gimbi 1 (*)	5	254	279	S (Ca)	4	3	N	
Moyenne a	100	885	64		3.4	2.9		
Moyenne b	96	727	68		3.1	2.6		

- 1 réactivité différentielle faible ($R = .75 \text{ à } .99$)
- 2 réactivité différentielle moyenne ($R = .50 \text{ à } .74$)
- 3 réactivité différentielle forte ($R = .25 \text{ à } .49$)
- 4 réactivité différentielle très forte ($R = .01 \text{ à } .24$)

Engrais simples

dépressifs: assurant moins de 95 % du rendement témoin

limite: n'assurant que 95 à 105 % du rendement témoin, c'est-à-dire pratiquement sans effet

Moyenne: Les nombres sont comptés avec (b) et sans (a) les stations éliminées page 173.

N.B. Les stations sont classées dans ce tableau dans l'ordre de fertilité décroissante. Les stations éliminées en raison d'un effet trop réduit de la meilleure fumure sont marquées du signe (*).

En terminant ces commentaires, il convient peut-être de s'arrêter sur les cas éliminés p. 173. Ils le sont en principe parce que les accroissements de rendement sous l'effet de l'engrais sont né-

gligeables. Mais les causes de cette situation sont diverses. Pour Lubarika, le rendement témoin est déjà très élevé et il est naturel que l'engrais (en raison des accroissements moindres que proportionnels) n'ait qu'une faible action supplémentaire. Mais ce n'est pas la seule explication puisque, à Nioka, le témoin est encore plus élevé et que cependant l'effet de l'engrais y est appréciable. Cette situation, à peu près normale, se retrouve en d'autres stations à des degrés variables.

Par contre, à Dihira et plus encore à Gimbi 1, les rendements témoins sont très faibles. Si l'engrais ne produit pas là un accroissement de rendement appréciable, c'est évidemment qu'un facteur d'une autre nature limite la productivité: c'est ce facteur qu'il faudrait définir et tenter d'améliorer. Le problème n'est plus un problème de fumure.

Les deux genres de facteurs (alimentaires et non alimentaires) entrent en fait en jeu dans tous les cas et leur combinaison explique l'absence de corrélation entre l'accroissement absolu et l'accroissement relatif du rendement. Une étude du type de celle que nous exposons ici conduit précisément à la mise en évidence des deux genres de facteurs et guide la décision relativement à l'ordre dans lequel ils doivent être étudiés et si possible améliorés.

CONCLUSIONS

L'étude conduit tout d'abord à la précision des résultats acquis antérieurement (*tableau III*) en ce qui concerne les optima de composition des fumures minérales.

Elle comporte en outre les enseignements généraux suivants:

1. Il est possible d'obtenir une représentation satisfaisante des surfaces de réponse aux interactions ternaires.
2. Il est possible d'estimer le rendement maximum escomptable dans les conditions de l'expérience, et cela pour les combinaisons optima des anions d'une part, des cations d'autre part.
3. Il est possible de définir une ellipse de confiance réunissant toutes les combinaisons de fumure dont l'effet ne se distingue pas valablement de l'effet maximum.
4. Il est possible de délimiter les régions du graphique où les combinaisons d'engrais produisent un effet dépressif sur les rendements au lieu d'un effet utile.

5. On peut montrer également que le remplacement de la combinaison optimum par l'engrais simple qui s'en rapproche le plus ou par la variante systématique la meilleure risque d'entraîner une importante réduction de rendement.

6. La culture répond de façon différentielle très différente selon les cas aux variations de proportions des éléments nutritifs dans la fumure. Cette réactivité différentielle est, le plus souvent (et, en moyenne, quantitativement), plus forte pour les anions que pour les cations.

L'étude comporte d'autre part les conclusions particulières résumées par le *tableau VII*.

Il faut remarquer en terminant que si les conclusions particulières, dans leur expression quantitative, ne concernent strictement que le maïs et peuvent pour cette raison paraître d'intérêt limité, les grandes lignes des observations (nature des engrais dépressifs, engrais optima approchés, tels que le point central, situation où la réponse aux engrais risque d'être insuffisante et ce pour des raisons diverses) doivent en toute vraisemblance s'appliquer à d'autres cultures et constituent une indication orientative précieuse pour d'autres recherches.

Il apparaît ainsi que les données accumulées dans le passé par l'INEAC restent une source précieuse d'études et de progrès pour l'avenir.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. HOMÈS, M.V.: L'exploration expérimentale de la fertilité des sols en région tropicale (*Bull. des séances de l'Académie royale des Sciences d'Outre-Mer, Nelle Série, VIII, 415-433, 1962*).
2. — et VAN SCHOOR, G.-H.: Uniformisation du calcul d'optimum dans les interactions alimentaires des végétaux (*Ann. Physiol. Végét., Univ. Bruxelles, 19 : 65-133, 1974*).
3. — et HOMÈS - VAN SCHOOR, G.-H.: Les lois de l'alimentation minérale des plantes et la méthodes des « variantes systématiques » (*Acad. Roy. Belg., Bull. Cl. Sc., 5e série, 60 : 1 012-1 028, 1974*).
4. — et —: L'alimentation des végétaux, la richesse utile des sols et la méthode des variantes systématiques (*Acad. Roy. Belg., Bull. Cl. Sc., 5e série, 61 : 779-801, 1975*).
5. — et VAN SCHOOR, G.-H.: L'optimum d'interaction dans la fumure taux (*Ann. Physiol. Végét., Univ. Bruxelles, 20 : 1-57, 1975*).

KLASSE VOOR TECHNISCHE WETENSCHAPPEN

Zitting van 30 januari 1976

De H. J. *Charlier*, directeur van de Klasse en dd. voorzitter van de Academie voor 1976, zit de vergadering voor.

Zijn bovendien aanwezig: De HH. F. Bultot, L. Calembert, I. de Magnée, G. de Rosenbaum, P. Evrard P. Geulette, A. Lederer, A. Rollet, R. Spronck, leden; de HH. P. Bartholomé, L. Brison, A. Clerfaÿt, E. Cuypers, L. Gillon, J. Hellinckx, A. Prigogine, M. Snel, R. Sokal, A. Sterling, R. Thonnard, R. Tillé, geassocieerden; de H. M. Simonet, correspondent, alsook de H. P. Staner, vaste secretaris.

Afwezig en verontschuldigd: De HH. F. Campus, P. Fierens, A. Jaumotte, F. Kaisin, J. Lamoen, L. Pauwen, F. Pietermaat, L. Tison, A. Van Haute.

Mededeling over het verkiezen van een nieuwe Vaste Secretaris

Zie blz. 76.

« L'hydroélectricité »

De H. R. *Sokal* legt aan de Klasse een studie voor over de hydroëlectriciteit.

Deze uiteenzetting wordt gevolgd door een bespreking waaraan deelnemen Mgr L. *Gillon*, de HH. P. *Evrard*, E. *Cuypers*, L. *Brison*, J. *Charlier* en A. *Clerfaÿt*.

Deze studie besluit de cyclus der uiteenzettingen over de energie aangevat op initiatief van wijlen de H. L. *Jones*.

Op de volgende vergadering zal de Klasse beslissen over de bestemming van deze studies.

« Ligne à courant continu d'Inga à Kolwezi »

De H. G. *de Rosenbaum* onderhoudt zijn Confraters over zijn studie over een gelijkstroomlijn van Inga naar Kolwezi.

CLASSE DES SCIENCES TECHNIQUES

Séance du 30 janvier 1976

M. J. *Charlier*, directeur de la Classe et président f.f. de l'Académie pour 1976, préside la séance.

Sont en outre présents: MM. F. Bultot, L. Calembert, I. de Magnée, G. de Rosenbaum, P. Evrard, P. Geulette, A. Lederer, A. Rollet, R. Spronck, membres; MM. P. Bartholomé, L. Brison, A. Clerfaÿt, E. Cuypers, L. Gillon, J. Hellinckx, A. Prigogine, M. Snel, R. Sokal, A. Sterling, R. Thonnard, R. Tillé, associés; M. M. Simonet, correspondant, ainsi que M. P. Staner, secrétaire perpétuel.

Absents et excusés: MM. F. Campus, P. Fierens, A. Jaumotte, F. Kaisin, J. Lamoën, L. Pauwen, F. Pietermaat, L. Tison, A. Van Haute.

Communication concernant l'élection d'un nouveau Secrétaire perpétuel

Voir p. 77.

L'hydroélectricité

M. R. *Sokal* présente à la Classe son étude sur l'hydroélectricité.

Cet exposé est suivi d'une discussion à laquelle prennent part: Mgr L. *Gillon*, MM. P. *Evrard*, E. *Cuypers*, L. *Brison*, J. *Charlier* et A. *Clerfaÿt*.

Cette étude termine le cycle d'exposés sur l'énergie dus à l'initiative de feu M. L. *Jones*.

Au cours de la prochaine séance, la Classe déterminera le sort à réserver à ces études.

Ligne à courant continu d'Inga à Kolwezi

M. G. *de Rosenbaum* entretient ses Confrères de son étude sur une ligne à courant continu d'Inga à Kolwezi.

Hij beantwoordt de vragen die hem gesteld worden door de HH. *P. Evrard, P. Geulette, R. Sokal, A. Lederer, J. Charlier* en *M. Simonet*.

De Klasse beslist deze studie te publiceren in de *Mededelingen der zittingen* (blz. 188).

Geheim comité

De ere- en titelvoerende leden, vergaderd in geheim comité, gaan over tot het verkiezen als titelvoerende leden van de HH. *P. Bartholomé, P. Fierens, L. Gillon* en *A. Prigogine*.

Anderzijds, daar de *H. J. Lamoën*, die als vice-directeur was aangewezen, zich terugtrekt, kiezen zij de *H. G. de Rosenbaum* om hem te vervangen.

De zitting wordt gegeven te 16 h 30.

Il répond aux questions que lui posent MM. *P. Evrard*, *P. Geulette*, *R. Sokal*, *A. Lederer*, *J. Charlier* et *M. Simonet*.

La Classe décide de publier cette étude dans le *Bulletin des séances* (p. 188).

Comité secret

Les membres honoraires et titulaires, réunis en comité secret procèdent à l'élection de MM. *P. Bartholomé*, *P. Fierens*, Mgr *L. Gillon*, et *M. A. Prigogine*, en qualité de membres titulaires.

En outre, considérant que *M. J. Lamoën*, qui avait été désigné en qualité de vice-directeur, s'est récusé, ils choisissent *M. G. de Rosenbaum* pour le remplacer.

La séance est levée à 16 h 30.

G. de Rosenbaum. — Ligne à courant continu d'Inga à Kolwezi (Shaba)

RÉSUMÉ

La présente note examine les données américaines, récemment publiées, de la ligne à courant continu à ± 500 kV de 1770 km entre Inga et Kolwezi. Cette ligne devra transporter 560 MW en 1977 et 1 120 MW en 1991.

L'Auteur étudie les données américaines et fait diverses observations en tenant compte de sa longue expérience des lignes à H.T. et à T.H.T. dans l'ex-Haut-Katanga et dans l'ex-Rhodésie du Nord. Il conclut que la ligne réalisée par les Américains est du type des lignes à T.H.T. récentes aux E.U.A., mais qu'elle est réalisée de façon à coûter le moins cher possible. De ce fait les dispositifs utilisés par les Belges dans l'ex-Haut-Katanga, pour rendre les lignes « lighting-proof » n'ont pas été prévus par les Américains. L'Auteur craint que cela pourrait conduire à des déclenchements, par coups de foudre, plutôt nombreux et à des inconvénients pour les installations industrielles de Shaba. L'Auteur se rappelle p.ex. qu'une interruption de courant de quelques minutes (généralement 3 en cas de déclenchement des lignes par coup de foudre) donnait lieu aux usines d'électrolyse de Shituru à des manipulations nombreuses: mise à zéro de quelque 3 000 moteurs, vidange de certains fours, etc. Il y a lieu de multiplier tout cela par le nombre des installations industrielles dans le Shaba. L'exploitation de la ligne Inga à Shaba, dès qu'elle sera en service en 1977, montrera si l'Auteur avait raison d'avoir quelques appréhensions.

* * *

SAMENVATTING

Gelijkstroomlijn van Inga naar Kolwezi.

Deze nota onderzoekt de Amerikaanse gegevens die onlangs gepubliceerd werden, over de gelijkstroomlijn voor ± 500 kV met

een lengte van 1 770 km tussen Inga en Kolwezi. Deze lijn zal in 1977 560 MW dienen te vervoeren en 1 120 MW in 1991.

De Auteur bestudeert de Amerikaanse gegevens en maakt op grond van zijn lange ervaring met H.S. en Z.H.S.-lijnen in ex-Boven-Katanga en ex-Noord-Rhodesië, verschillende opmerkingen. Hij besluit dat de door de Amerikanen gerealiseerde lijn van het in de V.S. recent type Z.H.S. is, maar dat ze opgevat werd om zo goedkoop mogelijk te blijven. Zo werden de schikkingen, voorzien door de Belgen in ex-Boven-Katanga, om de lijnen « Lightning-proof » te maken, door de Amerikanen niet gebruikt. De Auteur vreest dat dit tot talrijke moeilijkheden door blikseminslag kan leiden en tot hinder voor de industriële installaties van Shaba. Zo herinnert de Auteur zich b.v. dat een stroomonderbreking van enkele minuten (over het algemeen 3 in geval van uitschakeling der lijnen door blikseminslag) in de electrolyse-fabrieken van Shituru, tot talrijke ingrepen verplichtte: het op nul brengen van ongeveer 3 000 motoren, het leeg maken van bepaalde ovens, enz. Dat alles moet vermenigvuldigd worden met het aantal industriële instellingen in Shaba. Het uitbaten van de lijn Inga-Shaba, zodra ze in gebruik zal zijn (1977), zal aantonen of de bezwaren van de Auteur gewettigd waren.

* * *

1. PRÉLIMINAIRES

Dans notre mémoire sur le transport d'énergie électrique à grande distance en utilisant le courant alternatif (1)* nous avons parlé de la ligne à courant continu d'Inga à Kolwezi et avons donné quelques précisions à la page 89 de ce mémoire. Deux publications américaines (6a et 6b) nous permettent maintenant de donner quelques détails supplémentaires.

La construction de la ligne sous revue est entrée dans une phase active et fin octobre 1975, 1 350 pylônes, sur le total de 8 375 pylônes à ériger, étaient montés.

* Les chiffres entre parenthèses renvoient à la bibliographie *in fine*.

2. GÉNÉRALITÉS

La longueur de la ligne est citée comme étant de 1 050 ou 1 100 « miles » c.-à-d. de 1 690 ou 1 770 km. Cette longueur est moindre que celle qui avait été envisagée par les études d'un groupe européen: 1 850 km.

Les américains prévoient un transport d'énergie de 560 MW en 1977. Ce Transport d'énergie sera accru jusqu'à 1 120 MW en fonction de mise en place des groupes générateurs à la (aux) centrale(s) d'Inga. Le transport maximum est prévu pour 1991. Les quantités d'énergie à transporter sont inférieures à celles envisagées dans l'étude du groupe européen: 1 900 MW. Elles nous paraissent plus réalistes en fonction des 2 centrales d'Inga qu'on réalise actuellement.

Le transport d'énergie se fera avec une tension de ligne de ± 500 kV. Les convertisseurs américains sont vraisemblablement différents des convertisseurs européens et c'est probablement pour cette raison que la tension envisagée par le groupe européen de ± 533 kV est réduite à ± 500 kV.

A l'arrivée de la ligne à Kolwezi l'énergie à courant continu sera transformée en énergie à courant alternatif et sera alors transportée par 4 lignes à 220 kV aux divers centres industriels de Shaba (ex-Haut-Katanga). Ultérieurement, on prévoit l'utilisation de 8 lignes à 220 kV. (Du point de vue stabilité électrique du transport d'énergie à courant alternatif, une ligne à 220 kV peut transporter environ 125 MW à 500 km d'une façon électriquement stable et plus pour une distance de transport plus faible, il faudra donc les 8 lignes prévues pour transporter au Shaba les 1 120 MW venant d'Inga).

Les Américains estiment que la ligne d'Inga à Kolwezi est à comparer avec la plus longue ligne à courant continu en service actuellement; c'est celle de Pacific intertie de 856 « miles » (1 377 km), en service aux E.U.A., transportant 1 440 MW, sous une tension de ligne de ± 400 kV. (3, p. 235). Ceci nous laisse supposer que la ligne à courant continu de Cabora Bassa (Mozambique) à Johannesburg (Union de l'Afrique du Sud), d'une longueur de 1 360 km, qui devait transporter, dans le stade initial, 1 920 MW, sous une tension de ligne de ± 533 kV, n'est pas encore en service. Ce transport d'énergie devait débuter en mars

1975 et l'exploitation commerciale complète était prévue pour 1979 (3). Etant donné les événements politiques qui sont survenus au Portugal et au Mozambique, on peut penser que le programme prévu par les Portugais est complètement bouleversé, probablement considérablement retardé, voire complètement abandonné. Le précédent de la 2^{me} centrale de Kariba (2), prévue par les Britanniques, mais non réalisée par les Zambiens, après accession à l'indépendance de la Rhodésie du Nord (actuellement Zambie) nous le fait supposer.

3. ASPECT POLITIQUE DE LA RÉALISATION DE LA LIGNE D'INGA

Les ressources potentielles hydro-électriques de Shaba (ex-Haut-Katanga) sont considérables et il aurait été possible d'utiliser ces ressources plutôt que de faire venir de l'énergie d'Inga. Cela pendant de nombreuses années encore et tant que le développement industriel de Shaba n'exigerait pas un apport d'énergie en quantité massive, dépassant les ressources hydro-électriques de Shaba. Cela n'est pas le cas face à la réalisation actuelle. Celle-ci est donc basée sur d'autres considérations.

Voici le texte de la publication américaine (6a) cité intégralement.

Beyond being an engineering project of considerable magnitude, the Inga-Shaba development has other aspects of great significance. The economic heart of the Republic of Zaïre is presently in the region of its only access to Atlantic Ocean shipping, the city of Matadi, far into the interior, halfway across Central Africa, in the south-east Shaba district, and remote from the seacoast are vast reserves of minerals under extensive mining development. By harnessing the great flow of the Zaïre river at Inga dam and transmitting this energy 1 100 miles into the Shaba district, this mineral wealth can be much further developed. It will permit export of refined minerals, rather than shipment of bulky ores. For the first time these two widely separated districts will become economically interdependent, to the great benefit of the Republic of Zaïre.

Voici notre traduction de ce texte.

En dehors du fait que la réalisation projetée, d'un transport d'énergie d'Inga à Shaba, est une œuvre technique de grande envergure, il y a d'autres aspects d'une grande signification. Le centre économique de la

République du Zaïre est actuellement une région dont le seul accès à l'océan (Atlantique) est le port de Matadi.

Loin à l'intérieur (du Zaïre) à mi-chemin (entre les côtes occidentale et orientale de l'Afrique) à travers l'Afrique centrale, dans la province Sud-Est de Shaba, se trouvent de vastes réserves de minerais exploités d'une façon minière (industrielle) extensive. En maîtrisant le grand courant du fleuve Zaïre au barrage d'Inga (en l'utilisant pour produire l'énergie électrique) et transportant l'énergie (électrique) à 1 770 km de là, dans la province de Shaba, cette richesse minière peut être exploitée d'une façon plus poussée. Cela permettra d'exporter les minerais raffinés plutôt que d'envoyer par bateau les minerais bruts. Pour la première fois les deux provinces (Shaba et Bas-Zaïre) très éloignées l'une par rapport à l'autre seront économiquement interdépendantes, pour le plus grand bénéfice de la République du Zaïre.

Ces considérations font abstraction de la question: « Est-ce que le coût de l'énergie produite à Inga et transportée à Kolwezi revient moins cher que l'énergie produite au Shaba et transportée à Kolwezi ? Ou, plutôt, est-ce que l'énergie venant d'Inga et rendue aux centres d'exploitation de Shaba revient moins chère que celle rendue aux mêmes centres d'exploitation, mais produite au Shaba même ? ».

4. CONSTRUCTION DE LA LIGNE D'INGA A SHABA

Le Maître de l'Œuvre est le consortium C.I.S. (Construction Inga Shaba) dont le participant principal est « Morrison-Knudsen International Cy of Bloise, Idabo. U.S.A. ». Cette société contrôle tout, est maître de l'Engineering, procure et installe la majeure partie de l'équipement. La société « Ohio Brass Company. Mansfield, Ohio. U.S.A. » fournit les quelque 750 000 isolateurs, ainsi que le matériel de ligne (hardware), nécessaires pour la suspension des câbles sous tension aux pylônes.

La partie « logistique » pour la construction de la ligne est impressionnante. Le poids du matériel à mettre en place est estimé à 140 000 tonnes. Ce matériel doit entrer par le port de Matadi. Il sera ensuite acheminé de Matadi à Kinshasa par le chemin de fer existant et par tracteurs. (Notons que la route entre Matadi et Kinshasa est assez accidentée, plutôt étroite et avec des tournants en épingle à cheveu. C'est du moins ce que nous nous rappelons de cette route). A partir de Kinshasa, le transport de matériel

sera fait, autant que possible, par voie d'eau. On prévoit à cet effet des barges autonomes (munies de moteurs et donc pas de remorqueurs).

On améliorera les moyens de transport existants et on construira diverses routes d'accès. (Nous pensons qu'on se contentera de construire, quand il s'agira uniquement d'accès pour la ligne à construire, des pistes comme nous le faisons dans l'ex-Haut-Katanga. La longueur de ces routes ou pistes, est actuellement estimée à 4 000 « miles » (5 600 km). Ces routes ou pistes devront être évidemment entretenues pendant toute la durée des travaux (et même après pour la surveillance de la ligne et accès en divers points pour travaux d'entretien et réparations éventuelles).

Le matériel prévu pour la construction de ligne comprendra notamment:

- Un wagon de chemin de fer surbaissé, à 12 essieux, d'une capacité de transport de 100 tonnes;
- 4 barges à moteur, larges:
 - 2 de 230 ft (70 m) de long avec mâts pour une charge de 100 tonnes;
 - 1 de 190 ft de long (50 m);
 - 1 de 125 ft (38 m) de long;
- 4 hélicoptères;
- Des tracteurs, des camions, de nombreux véhicules divers, etc.

On estime le coût de tout ce qui précède c.-à-d. du matériel et de la partie logistique de la ligne à 33 000 000 dollars (mettons 1 400 000 000 FB). Connaissant l'Afrique centrale et la région d'Inga à Kolwezi, la prévision faite nous laisse rêveur et nous paraît optimiste.

5. DONNÉES TECHNIQUES

5.1 *Longueur de la ligne*

Selon l'estimation américaine: 1 770 km.

5.2 *Largeur de la plateforme de la ligne*

La plateforme est taillée à travers une brousse dense dont une partie est une forêt vierge. Elle a une largeur de 80 m. 60 % de

la largeur est bien nettoyée, mais les 40 % restants (vers les bords) sont surtout des herbes et des arbustes. Dans l'ex-Haut-Katanga nous étions confrontés avec le problème de « débrousement » de toutes les plateformes des lignes H.T., à effectuer en 2 mois (période de fin de la saison des pluies et commencement des feux de brousse.) Pour faire le travail dans les délais requis nous étions obligés de préparer nos plateformes de lignes de façon à pouvoir faire le travail mécaniquement (5). Dans le cas de la ligne d'Inga à Shaba, la ligne traversera des régions où la main-d'œuvre locale disponible sera abondante et on pourra vraisemblablement faire le travail manuellement. Cela donnera d'ailleurs quelques ressources à la population locale, essentiellement agricole, qui n'a pas de débouchés vers l'industrie, inexistante dans cette région du Zaïre.

La *fig. 1* donne l'aspect de la plateforme de ligne en cours de montage.

5.3 Pylônes

Les pylônes sont du type conventionnel c.-à-d. structure en treillis. La *fig. 2* représente schématiquement un pylône l'alignement.

La *fig. 3* montre un pylône d'alignement en cours de montage.

Le nombre des pylônes de la ligne est de 8 376. Fin octobre 1975, 1 350 pylônes étaient déjà érigés. On monte la ligne en l'attaquant par 3 points à la fois ; Inga, Kolwezi, milieu de la ligne.

La hauteur des pylônes, (citée en 6a), est normalement de 35 m, soit 2 m dans le sol et 33 m au-dessus du sol. Cependant en (6b) la hauteur des pylônes est citée comme étant de 38 m. Nous nous demandons si on n'a pas décidé de rehausser la hauteur des pylônes soit pour allonger la portée entre deux pylônes, soit pour une question des feux de brousse de la saison sèche. Dans ce dernier cas le débrousement de la plateforme avant le début des feux de brousse pourrait être limité à une zone autour des pieds de chaque pylône et en dessous du milieu de la ligne (en dessous des conducteurs le plus près du sol).

5.4 Suspension des conducteurs sous tension

La suspension des conducteurs est réalisée avec des isolateurs en porcelaine O.B. (Ohio Bass) suivant un dispositif en « V »

dont nous avons parlé dans notre note de 1966 (4). L'angle formé par les deux chaînes, au point d'attache des conducteurs, est de 90°. Chaque chaîne d'isolateurs aura 4 m de longueur. En supposant l'utilisation des isolateurs dits de « preferred geometry » d'O.B. — *fig. 6* de la réf. 4 — la chaîne des isolateurs sera composée de 34 isolateurs, comme on peut s'en rendre compte par la *fig. 3*. Rappelons que la ligne « Cabora Bassa-Johannesburg » utilise 24 isolateurs en suspension verticale classique.

5.5 *Portée nominale*

Celle-ci est de 1 320 ft (402,6 m). La portée réelle varie évidemment en fonction des conditions locales topographiques de tel ou tel endroit que traverse la ligne et de la hauteur des pylônes au-dessus du sol utilisés.

5.6 *Constitution d'une « phase » de la ligne monopolaire*

Chaque « phase » de la ligne est constituée par 3 conducteurs en Al-Ac. Les 3 conducteurs sont disposés aux sommets d'un triangle équilatéral et forment ce que l'on appelle un faisceau. Les dimensions du triangle équilatéral ne sont pas précisées, mais nous les supposons voisines de 45 cm, qui est l'espacement à peu près standard aux E.U.A. entre les conducteurs d'un faisceau.

Chaque conducteur en Al-Ac a la dimension d'un câble de 1 033 MCM (6a). Ce câble, d'après les caractéristiques de « Transmission and Distribution Reference Book, page 50, table 2A » (7) correspond à un câble de 1 033 500 C.M. dont les caractéristiques sont :

— Câble de 54 brins d'aluminium posés en 3 couches. Diamètre de chaque brin: 0,138 4 pouces (3,52 mm);

— 7 brins d'acier; diamètre de chaque brin: 0,138,4 pouces (3,52 mm);

— Diamètre extérieur du câble composé 1,246 pouces (31,65 mm);

— Section équivalente du cuivre: 650 000 C.M. (524 mm²);

Capacité approximative de transport: 1 060 Amp pour les conditions suivantes:

Conducteur à 75° C;

Air ambiant à 25° C;

Vent de 0,87 km/h.

— Résistance ohmique du câble pour le C.A. à 50 herz:

0,0907 ohm/«mile» (0,056 ohm/km) pour le conducteur à 25° C

0,01025 ohm/«mile» (0,064 ohm/km) pour le conducteur à 50° C.

5.7 Pertes Joules de la Ligne

En admettant la résistance ohmique du câble la même en courant continue qu'en courant alternatif à 50 herz, le faisceau de 3 conducteurs à 50° C a une résistance ohmique de

0,064 ohms/km: 3 = 0,0213 ohms/km

Les pertes joules du transport d'énergie sont alors:

— Tension entre les 2 « phases » de la ligne:

+ 500 kV — (—500 kV) = 1 000 kV.

— Courant de ligne pour le transport de 560 MW:

560 000 kW: 1 000 kV = 560 Amp.

— Résistance ohmique totale de la ligne 1 770 km de long:

2,0,021 3 . 1 770 = 75,4 ohms

— Pertes joules de la ligne

75,4 - (560)²: 1 000 = 23 645,4 kW

23,645100 : 560 = 4,22 % de l'énergie transportée.

— Pour le transport de 1 120 MW les pertes joules sont:

94,582 MW ou 8,45 % de l'énergie transportée.

5.8 Pertes « Couronne » de la ligne

Ces pertes sont difficiles à estimer. Elles ne sont pas négligeables. A première vue elles devraient être de même ordre de grandeur que les pertes par effet Joule. Disons cependant, comme on le connaît depuis les études expérimentales conduites en Suède, en France (Chevilly) et aux E.U.A. (Tidd) que les pertes couronnes sont considérablement augmentées lors des pluies. La ligne d'Inga à Kolwezi traversera une région de forte pluviosité, pendant au moins 6 à 8 mois par an.

Cette considération jointe à celle du paragraphe précédent relatif aux pertes Joule, indique que les pertes d'énergie lors du transport d'Inga à Kolwezi seront relativement importantes.

5.9. Protection contre la foudre et les communications téléphoniques

Les pylônes seront bien enterrés. Il n'est pas précisé si on utilisera les dispositifs spéciaux pour une bonne mise à la terre. Il semble qu'il n'y aura pas de contrepoids continu le long de la ligne.

Dans l'ex-Haut-Katanga nous avons été amenés à utiliser pour toutes nos lignes à HT (50 kV, 110 kV et 220 kV) les contrepoids continus pour faire diminuer le nombre de déclenchements par foudre. (L'utilisation des contrepoids continus nous a permis de passer de A déclenchements par 100 km de ligne et par an sans contrepoids continus à A/10 déclenchements par 100 km de ligne et par an une fois les lignes munies de contrepoids continus).

Il semble donc que la réalisation de la ligne d'Inga à Shaba a été réalisée d'une façon aussi économique que possible:

- Dimensions des conducteurs de la ligne;
- Pas de contrepoids continus.

Par contre, il y a lieu de noter que la ligne est munie d'un câble de garde, à raison d'un câble de garde par ligne monopolaire. De plus, l'angle de protection du faisceau des constructeurs d'une « phase » est de 22° qui est une protection optimum économique.

Les câbles de garde sont isolés « légèrement » par rapport aux pylônes. En fonctionnement normal les câbles de garde peuvent servir ainsi aux communications téléphoniques. Lors des coups de foudre, l'isolement est insuffisant et l'énergie de la foudre s'écoulera des câbles de garde vers les pylônes et de là vers la terre. Nous nous demandons toutefois si cet écoulement de la foudre ne provoquerait pas la détérioration de l'isolement du câble de garde par rapport aux pylônes et ne créerait pas de ce fait des communications téléphoniques défectueuses. Pour les lignes à C.A. l'utilisation des courants à très haute fréquence est générale pour assurer les communications téléphoniques, les télémesures et les télécommandes. Cependant cela donne lieu à un coût accru des lignes du fait de l'utilisation des circuits-bouchons, les condensateurs de couplage et d'un matériel sophistiqué annexe. Ne serait-ce pas préférable d'adopter ce système, *si cela serait possible*, à une ligne telle que celle d'Inga à Kolwezi qui tra-

versera une région de niveau isokéraunique de l'ordre de 180 soit quadruple de celui qui existe aux E.U.A. Disons immédiatement que pour la ligne de Cabora Bassa à Johannesburg les Portugais avaient prévu le même genre de communications téléphoniques que les Américains pour la ligne d'Inga à Kolwezi.

Quand la ligne d'Inga à Kolwezi fonctionnera, avec les dispositions téléphoniques prévues, l'expérience de l'exploitation donnera une réponse aux questions que nous nous formulons.

5.10. Postes de sectionnement

On prévoit 4 stations de sectionnement aux points stratégiques du parcours de la ligne. Chaque station de sectionnement sera munie de 6 sectionneurs monopolaires de puissance.

Le groupe européen avait prévu la possibilité d'éliminer une section de ligne monopolaire endommagée et de faire servir les sections saines de façon à avoir au moins une ligne monopolaire en service en cas d'un accident à la ligne. Nous supposons que les postes de sectionnement prévus par les Américains ont le même but.

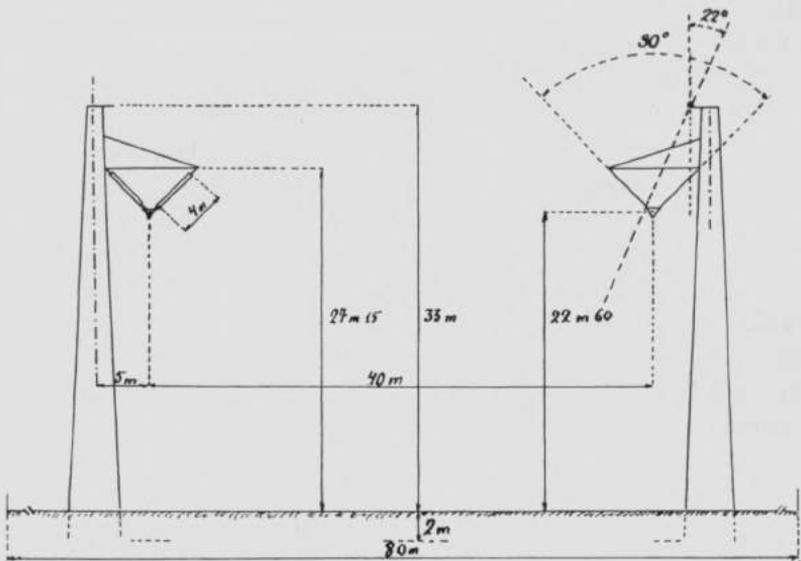


Fig. 4 — Schéma de la ligne.

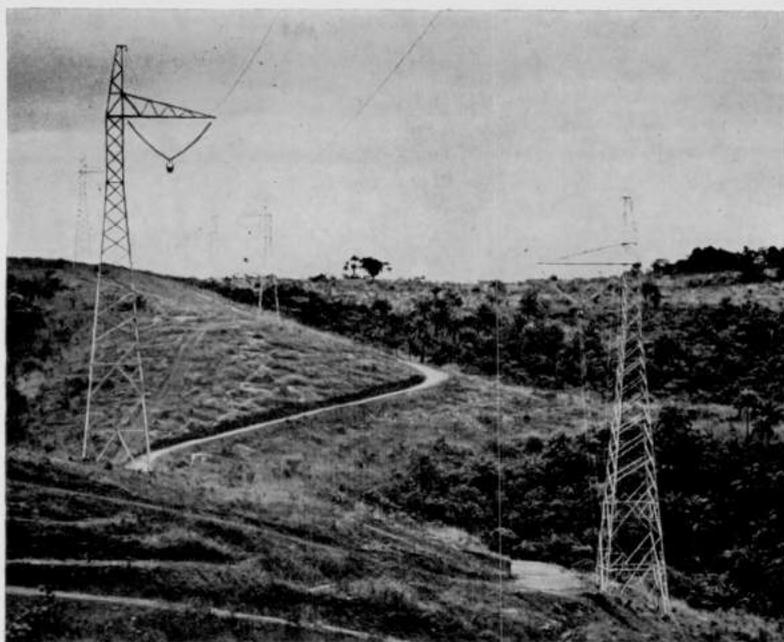


Fig. 1 — Aspect de la plateforme de ligne en cours de montage.

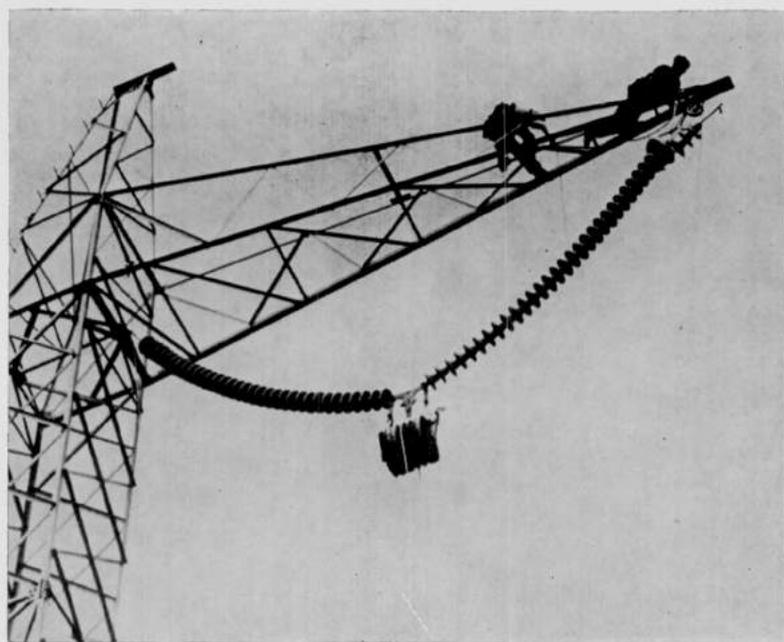


Fig. 3 — Pylône d'alignement en cours de montage.

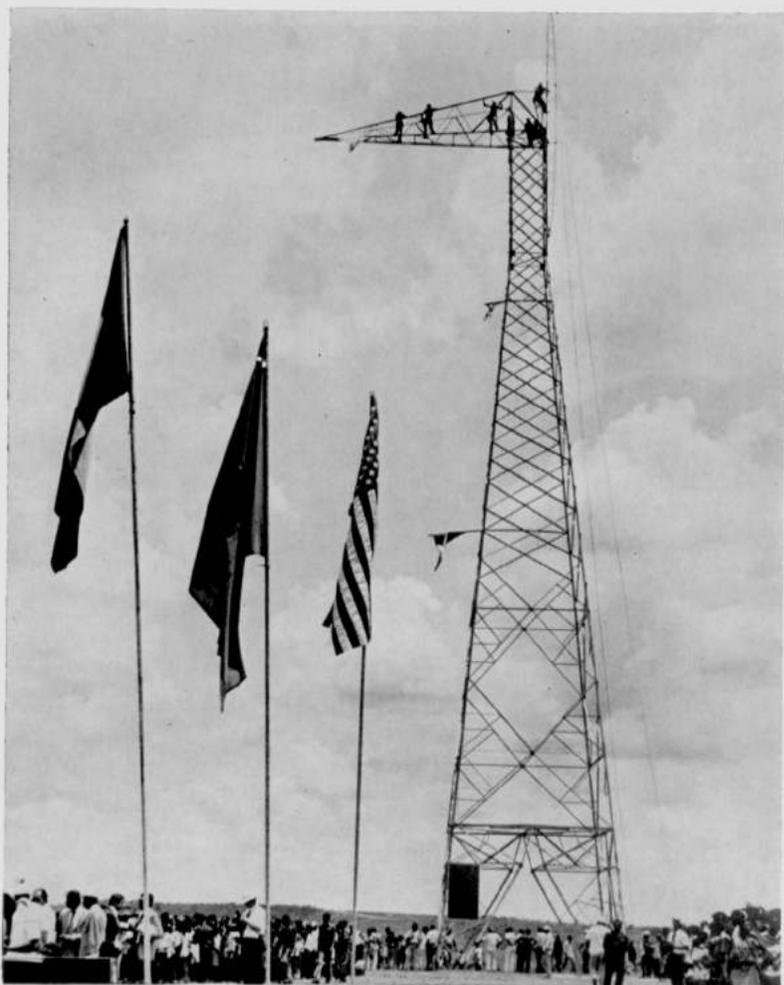


Fig. 2 — Aspect général du pylône d'alignement. A comparer la hauteur du pylône à la taille des personnes.

5.11. Coupe transversale de la ligne d'Inga à Kolwezi

La figure 4 schématise cette coupe à l'endroit des pylônes.

Le schéma donne la situation respective des deux lignes monopolaires: l'une à + 500 kV et l'autre à -500 kV. Elle donne les caractéristiques générales dans le cas d'utilisation des pylônes de 35 m (publication 6a).

6. CONCLUSIONS DE L'ÉTUDE DE LA RÉALISATION AMÉRICAINE

Il semble que la ligne à courant continu entre Inga et Kolwezi a été réalisée comme une ligne aux E.U.A.: suspension en V des isolateurs, réalisation très économique. Elle ne tient pas compte, malheureusement, de l'expérience belge avec les lignes à H.T. dans l'ex-Haut-Katanga et n'utilise pas de ce fait les dispositifs à même de rendre le fonctionnement très sûr. Par contre, on réalise une ligne d'un coût réduit. L'avenir montrera si le coût de la ligne réduit compense les frais occasionnés par des interruptions brutales de fourniture d'énergie ne fût-ce que de quelques minutes, dans les installations minières et industrielles diverses et nombreuses au Shaba.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) DE ROSENBAUM, G.: Transport d'énergie électrique à très grande distance et en très grande quantité en utilisant le courant alternatif. Considérations sur l'interconnexion Inga-Shaba (Mémoire Académie, 1973).
- (2) — : Système à 330 kV en Rhodésie et son interconnexion avec le système à T.H.T. dans le Haut-Katanga. (*Bull. des séances de l'Académie V*, 1959, 4).
- (3) — : Le Barrage de Cabora Bassa en Mozambique (*Bull. des séances de l'Académie*, 1972, 2 et 3).
- (4) — : Lignes à des tensions extra-hautes aux E.U.A. Technique nouvelle d'isolation et de suspension des conducteurs sous tension (*Bull. des séances de l'Académie*, 1966, 3).
- (5) — : La mécanisation des travaux saisonniers d'entretien des lignes de transport d'énergie électrique à H.T. au Katanga (*Bull. des séances de l'Académie*, III, 1957, 6).
- (6a) Ohio Brass Hi-Tension News. 4 avril 1975.
- (6b) — : 11 november 1975.
- (7) WESINGHOUSE: Electrical Transmission and Distribution Reference Book (Ed. 1950, East Pittsburgh, Pa, E.U.A.).

Zitting van 26 maart 1976

De H. J. *Charlier*, directeur van de Klasse en dd. voorzitter van de Academie voor 1976, zit de vergadering voor.

Zijn bovendien aanwezig: De HH. L. *Calembert*, I. de *Magnée*, P. *Geulette*, A. *Lederer*, A. *Rollet*, leden; de HH. L. *Brison*, E. *Cuypers*, J. De *Cuyper*, P. *Fierens*, Mgr L. *Gillon*, de HH. A. *Prigogine*, R. *Tillé*, A. *Van Haute*, A. *Van Hoof*, geassocieerden; de H. J. *Meulenbergh*, correspondent, alsook de H. P. *Staner*, vaste secretaris.

Afwezig en verontschuldigd: De HH. P. *Bartholomé*, F. *Bultot*, F. *Campus*, A. *Clerfaÿt*, G. de *Rosenbaum*, P. *Grosemans*, L. *Hellinckx*, A. *Jaumotte*, F. *Kaisin*, M. *Simonet*, R. *Sokal*, R. *Spronck*, A. *Sterling*, L. *Tison*.

« Le CEDEV de l'Université de Liège »

De H. L. *Calembert* onderhoudt zijn Confraters over de « Centre d'études des Problèmes des pays en voie de développement » de l'Université de Liège.

Deze uiteenzetting wordt gevolgd door een bespreking waaraan deelnemen Mgr L. *Gillon*, de HH. J. De *Cuyper*, P. *Fierens*, A. *Prigogine*, P. *Geulette*, I. de *Magnée* en J. *Charlier*.

De Klasse beslist deze studie te publiceren in de *Mededelingen der zittingen* (blz. 204), evenals de synthese van de besprekingen die op de uiteenzetting volgde (blz. 213).

« Réflexions sur les économies d'énergie et les transports maritimes »

De H. A. *Lederer* onderhoudt de Klasse over de energiebesparing op zeevaartgebied.

De Klasse beslist deze studie te publiceren in de *Mededelingen der zittingen* (blz. 214).

Séance du 26 mars 1976

M. J. Charlier, directeur de la Classe et président f.f. de l'Académie pour 1976, préside la séance.

Sont en outre présents: MM. L. Calembert, I. de Magnée, P. Geulette, A. Lederer, A. Rollet, membres; MM. L. Brison, E. Cuyppers, J. De Cuyper, P. Fierens, Mgr L. Gillon, MM. A. Prigogine, R. Tillé, A. Van Haute, A. Van Hoof, associés; M. J. Meulenbergh, correspondant, ainsi que M. P. Staner, secrétaire perpétuel.

Absents et excusés: MM. P. Bartholomé, F. Bultot, F. Campus, A. Clerfaÿt, G. de Rosenbaum, P. Grosemans, L. Hellinckx, A. Jaumotte, F. Kaisin, M. Simonet, R. Sokal, R. Spronck, A. Sterling, L. Tison.

Le CEDEV de l'Université de Liège

M. L. Calembert entretient ses Confrères de la structure du « Centre d'étude des Problèmes des pays en voie de développement » de l'Université de Liège.

Cet exposé est suivi d'une discussion à laquelle prennent part Mgr L. Gillon, MM. J. De Cuyper, P. Fierens, A. Prigogine, P. Geulette, I. de Magnée et J. Charlier.

La Classe décide l'impression de l'étude dans le *Bulletin des séances* (p. 204) ainsi que de la synthèse des discussions qui ont suivi l'exposé (p. 213).

Réflexions sur les économies d'énergie et les transports maritimes

M. A. Lederer entretient la Classe des économies d'énergie dans le domaine maritime.

La Classe décide de publier cette étude dans le *Bulletin des séances* (p. 214).

**« Introduction to the hydrology
of the Hawkesbury Estuary, New South Wales, Australia »**

De H. A. Lederer legt aan zijn Confraters een werk voor van de H. E.-J. WOLANSKY, over de studies die ondernomen werden in de monding van de Hawkesburystroom om er de kwaliteit van het water te handhaven.

Hij beantwoordt de vragen die hem gesteld worden door de HH. E. Cuypers en J. Charlier.

De Klasse beslist deze studie te publiceren in de *Mededelingen der zittingen* (blz. 235).

« Thermoluminescence et flottation de la calcite »

De H. P. Fierens legt aan zijn Confraters een studie voor getiteld als hierboven.

Hij beantwoordt de vragen die hem gesteld worden door de HH. J. De Cuyper, I. de Magnée en G. PANOU.

**Vaststellen van de onderwerpen
voor de jaarlijkse wedstrijd 1978**

De Klasse beslist de eerste vraag van de jaarlijkse wedstrijd te wijden aan een probleem van metaalconstructie en de tweede aan de mechanische scheiding van ertsen.

De HH. E. Cuypers en A. Lederer enerzijds, evenals de HH. P. Fierens en J. De Cuyper anderzijds, worden aangewezen om de tekst van deze vragen op te stellen.

De zitting wordt gegeven te 16 h 30.

**« Introduction to the hydrology
of the Hawkesbury Estuary, New South Wales, Australia »**

M. A. Lederer présente à ses Confrères un travail de M. E.-J. WOLANSKY, sur les études qui ont été entreprises dans l'estuaire du fleuve Hawkesbury en vue d'y maintenir la qualité des eaux.

Il répond aux questions que lui posent MM. E. Cuypers et J. Charlier.

La Classe décide d'imprimer cette étude dans le *Bulletin des séances* (p. 235).

Thermoluminescence et flottation de la calcite

M. P. Fierens présente à la Classe une étude intitulée comme ci-dessus.

Il répond aux questions que lui posent MM. J. De Cuyper, I. de Magnée et G. PANOU.

**Détermination des matières
pour le concours annuel 1978**

La Classe décide de consacrer la première question du concours annuel 1978 à un problème de construction métallique et la deuxième à un problème de séparation mécanique des minerais.

MM. E. Cuypers et A. Lederer d'une part, ainsi que MM. P. Fierens et J. De Cuyper d'autre part, sont désignés pour rédiger les textes desdites questions.

La séance est levée à 16 h 30.

**L. Calembert. — Le Centre d'Etude
des Problèmes des Pays en Développement (CEDEV)
de l'Université de Liège**

RÉSUMÉ

La communication définit l'origine, les objectifs, les moyens d'action, les principaux domaines d'activité (enseignements théorique et pratique, information au sens le plus large, recherches et coopération active « sur le terrain ») et l'effort de recrutement du Centre d'étude des problèmes des pays en développement (CEDEV) créé en 1964 à l'Université de Liège. Elle montre l'intérêt de la négociation de contrats en vue de missions pluridisciplinaires en liaison permanente avec l'Université, et cite des exemples de telles missions dans de nombreux pays d'Outre-Mer et pour la solution de problèmes très variés. Les effectifs de scientifiques et de techniciens belges intervenant dans ces missions vont croissant.

Au cours de la décennie écoulée, l'évolution de la coopération dans le sens d'une assistance d'émancipation a conduit, d'abord sur le plan interuniversitaire puis dans d'autres domaines, à une organisation nouvelle tant à l'échelle nationale que dans les rapports avec les pays assistés.

Enfin, on souligne que le rôle du CEDEV (et naturellement des autres centres universitaires ayant des préoccupations similaires) en collaboration avec les instances gouvernementales, les organismes nationaux et internationaux et même des sociétés privées, rejoint les initiatives prises directement par certains laboratoires de sciences appliquées : les efforts convergent et font la preuve de l'unanimité des milieux scientifiques dans la même volonté d'efficacité en matière d'assistance au Tiers Monde.

C'est en 1964 que l'Université de l'Etat à Liège a créé le CEDEV pour, au lendemain de la décolonisation, coordonner, intensifier et étendre ses activités dans le domaine de la coopéra-

tion avec les nations moins favorisées et surtout les pays d'Outre-Mer (1).

Représentant de la Faculté des Sciences appliquées au Conseil de Direction du CEDEV lors de sa fondation et pendant 6 années, je crois intéressant de vous présenter le bilan de l'activité à ce jour. Ma communication se propose d'examiner dans quelle mesure les objectifs définis au départ sont atteints, comment les problèmes de coopération universitaire ont évolué au cours du temps et de montrer que les tendances nouvelles rejoignent et complètent celles que j'ai exposées récemment devant la Classe dans ma communication : « Activités d'un laboratoire de Géologie appliquée dans les pays en développement » [1]*. Aussi, elle constitue un hommage amical à mon collègue J. FRENKIEL, récemment promu à l'éméritat : jusqu'alors, il a présidé le CEDEV avec compétence, dévouement et enthousiasme et pris une part déterminante dans l'ampleur et la qualité des résultats obtenus.

Les efforts du CEDEV se sont délibérément orientés dès l'origine dans trois directions [5]:

— La *formation en vue de la coopération au développement* qui n'est pas seulement affaire de générosité et d'enthousiasme mais exige une compétence professionnelle susceptible de s'adapter aux conditions particulières, naturelles et humaines, d'environnements spécifiques ;

— L'*information* à l'intérieur de l'Université et de l'Université vers les milieux extérieurs, nationaux et internationaux, et réciproquement ;

(1) Article 2. « Le Centre a pour mission [5]:

- 1) De susciter et de soutenir, au sein des Facultés, un intérêt pour les enseignements relatifs aux pays en développement;
- 2) De susciter dans les services de l'Université des travaux de recherches fondamentales ou appliquées sur les problèmes du développement, d'établir des collaborations entre tous ces services et plus généralement entre tous ceux qui se livrent à ces recherches, d'établir des liaisons entre les services de l'Université et les personnes ou organismes intéressés aux dites recherches;
- 3) D'organiser l'information relative aux problèmes du développement, par la création d'un service de documentation, l'organisation de conférences, de séminaires et de toutes autres manifestations ou activités scientifiques susceptibles d'accroître, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de l'Université, l'intérêt pour les problèmes des pays en développement. ».

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

— La *recherche* et la *coopération active* qui impliquent la constitution d'équipes pluridisciplinaires dès le stade de la définition des problèmes à résoudre et d'une éventuelle pré-mission destinée à préciser sur place, par des contacts directs avec les demandeurs et les conditions locales, les sujets des recherches et les objectifs des missions de coopération ; d'autres formes de coopération active consistent en l'échange de personnel enseignant et scientifique, visiteurs et permanents, ainsi qu'en l'organisation de stages de perfectionnement à l'intention des diplômés du Tiers Monde.

Les moyens mis en œuvre ont comporté tout d'abord l'organisation même du CEDEV, puis celle d'enseignements spéciaux, de stages, d'échanges interuniversitaires, de recrutement de personnel, enfin de missions scientifiques et techniques d'assistance.

Le Centre est dirigé par un Président agissant suivant les directives d'un Conseil de Direction comprenant un membre du corps professoral pour chacune des Facultés plus un représentant de la Faculté agronomique de Gembloux (2). Ces personnes sont nommées pour 6 ans par le Conseil d'Administration de l'Université, les mandats étant renouvelables (3). Le Centre dispose de personnel administratif, est autorisé par le Conseil d'Administration à effectuer (conformément à l'article 63 de la loi du 28 avril 1953) des prestations rétribuées et le Président du Centre est habilité à souscrire, au nom de l'Université, des contrats de recherches. Ceux-ci sont exécutés par les services scientifiques compétents et, à défaut, par des chercheurs du Centre travaillant sous la direction d'un membre du personnel enseignant ou scientifique compétent.

Le financement comporte un modeste crédit annuel de fonctionnement accordé par l'Université et les activités extérieures sont couvertes par des crédits des organismes demandeurs ou par des crédits spéciaux du Patrimoine universitaire.

Dans le domaine des *enseignements*, des *licences pour les pays en développement* (4) ont été créées: philosophie et lettres,

(2) Pour permettre de prendre en considération les problèmes agricoles souvent primordiaux dans la coopération.

(3) Depuis 1974, le Conseil comporte en outre deux représentants du personnel scientifique, désignés par le Conseil d'Administration.

(4) Université de Liège - Programmes et horaires des cours des différentes Facultés.

sciences sociales, sciences (zoologie, botanique, géographie, géologie et minéralogie), médecine. Elles sont accessibles à tous les porteurs d'un diplôme de fin d'études universitaires correspondant à la spécialité choisie, à la condition qu'ils aient fait au préalable la preuve d'une connaissance suffisante des problèmes généraux du développement, cette preuve résultant notamment de l'obtention du certificat d'études complémentaires pour les pays en développement communes à tous les diplômes (5) délivrés par la Faculté de Droit. Les titulaires de ce certificat sont dispensés des cours organisés par l'Administration générale de Coopération au Développement (A.G.C.D.) à l'intention des agents belges de la coopération technique. Des initiatives ont été prises pour l'enseignement des langues étrangères avec l'aide du service des langues vivantes : cours audio-visuel d'espagnol, idiomes africains...

L'activité d'*information* est développée largement et l'on peut compléter les stipulations statutaires (5) en signalant : la publication de rapports, d'articles et d'un Bulletin d'information (2 à 3 numéros par an) ; l'établissement et le renforcement de liens d'étroite collaboration avec les organismes officiels ou privés, belges, étrangers et internationaux poursuivant des buts analogues à ceux du Centre (6) ; le fonctionnement d'un bureau de renseignements sur les demandes en personnel des pays en voie de développement ; la création d'une « unité de documentation » où toutes les personnes intéressées peuvent consulter fichiers (150000 fiches actuellement) et ouvrages bibliographiques ainsi que des périodiques spécialisés.

Grâce à la collaboration d'institutions nationales et internationales (6), le CEDEV fournit aux étudiants qu'ils soient étrangers ou originaires des pays en développement, l'occasion d'effectuer des *stages* pratiques et de formation complémentaire dans

(5) Université de Liège - Le Centre d'étude des problèmes des pays en développement, 1967, p. 13.

(6) Notamment: Administration générale de coopération au développement (AGCD), Fonds européen de Développement, Organisation de Coopération au Développement économique (O.C.D.E.), Comité intergouvernemental des migrations européennes (C.I.M.E.), Association des Universités partiellement ou entièrement de langue française (A.U.P.E.L.F.), Food and agriculture organization of the United Nations (F.A.O.), Office mondial de la santé (O.M.S.) et naturellement l'UNESCO.

les services et laboratoires universitaires comme dans des entreprises et administrations des secteurs public et privé. C'est ainsi que des géographes ont fait des stages au Mexique ; des zoologistes, au Gabon et qu'une enquête a été menée sur le développement communautaire de la région d'IZMIR (Turquie).

La *collaboration interuniversitaire* s'affirme sur plusieurs plans : professeurs visiteurs, recherche de candidats valables pour les postes vacants outre-mer de professeurs et de collaborateurs scientifiques, promotion de recherches communes, formation d'enseignants et de chercheurs autochtones. Des missions visant à l'organisation ou au contrôle de la coopération entamée ont eu lieu au Zaïre, au Burundi, au Chili, au Maroc et en Algérie.

Le *recrutement* d'experts et d'assistants techniques pour l'aide bilatérale et internationale, publique ou privée, s'appuie sur la tenue à jour d'un fichier de candidatures qui permet de répondre rapidement aux demandes de personnel d'où qu'elles émanent. A ce jour, à l'intervention du CEDEV, 250 diplômés belges (ingénieurs, médecins,...) de l'Université de Liège remplissent des fonctions au Zaïre, au Rwanda, au Burundi, au Maroc, en Algérie, au Sénégal, en Côte d'Ivoire, au Brésil, au Chili, en Colombie.

Enfin, *recherche et coopération active* conduisent à grouper des équipes et à effectuer des missions : le support efficace de l'Université s'avère bénéfique dans les deux cas. En effet, pour le vaste bureau d'études qui existe en potentiel dans une université moderne, le CEDEV, habilité à recevoir les demandes relatives aux pays en développement, à consulter à leur sujet les services universitaires, à envoyer sur place un délégué qui définit les données du problème posé et fait rapport au Conseil de direction, constitue la cellule administrative adéquate. Dès que des propositions sont agréées par les intéressés, le Centre réunit l'équipe requise après avoir mis au point les termes du contrat.

Pour les problèmes de recherche et d'assistance qui relèvent des *sciences techniques*, le CEDEV offre aux services et laboratoires des conditions de succès dignes d'être soulignées : la définition collégiale des divers aspects à considérer permet de choisir les chercheurs et les chargés de mission en fonction des objectifs à atteindre mais aussi de leurs compétences complémentaires ; de plus, la liaison est maintenue en permanence entre l'équipe déplacée et les instituts, laboratoires, bibliothèques, c'est-à-dire un

ensemble cohérent de spécialistes et d'organes susceptibles de l'aider quand surgissent des difficultés ; de plus, l'équipe *interdisciplinaire* attachée à la solution de problèmes techniques précis, les examinera dans leurs rapports multiples (par exemple, leur influence sur l'environnement) plutôt que d'approfondir uniquement l'une ou l'autre investigation : ce faisant, elle représente une excellente cellule d'enseignement expérimental apte à promouvoir des cadres autochtones.

Le CEDEV ne monopolise pas pour autant les activités de recherches avec le Tiers Monde et l'Outre-Mer et les services universitaires conservent leur entière liberté pour conclure eux-mêmes des contrats de mission couvrant divers domaines (cf. L. CALEMBERT [1]).

Pour illustrer la variété des domaines abordés, je citerai les missions suivantes: étude de la réorganisation de l'infrastructure hospitalière à Likasi (Zaïre) ; contacts avec l'OMS ; supervision en matière d'élevage et de médecine vétérinaire (Zaïre) ; étude préalable à l'instauration d'un centre de recherches de l'industrie du cuivre (Chili) ; prospection préalable de gisements minéraux (Grèce) ; étude préalable d'un site de barrage (Zaïre) ; reconnaissance et méthode d'exploitation de gisements houillers (Chili) ; collecte de documents sur la littérature négro-africaine (Côte d'Ivoire) ; évaluation pédagogique du programme d'éducation télévisuelle (Côte d'Ivoire) ; possibilité de régionaliser les institutions en matière de pêche (Etats africains francophones) ; étude préalable à la création d'une école d'ingénieurs et d'administrateurs des transports ferroviaires (Argentine).

Depuis plusieurs années, la coopération évolue de plus en plus nettement vers une *assistance d'émancipation* [3] : celle-ci surtout marquée dans les échanges interuniversitaires tend à se manifester et est transposable moyennant adaptation dans la collaboration avec des centres scientifiques, des laboratoires, des départements gouvernementaux, des sociétés étatisées, ... dans les pays en développement, et même avec des sociétés privées de pays industrialisés travaillant Outre-Mer.

Dans le domaine universitaire, l'assistance est conçue comme provisoire et devant permettre après quelques années (en principe 2 à 5 années) le *relais* entre le professeur ou chercheur visiteur et le responsable autochtone désigné: d'abord l'accomplisse-

ment de la charge d'assistance dans l'université du Tiers Monde est assumée par le visiteur formant le responsable autochtone aux tâches d'enseignement et de recherche; ensuite, l'« homologue » étranger est accueilli (éventuellement grâce à une bourse du Gouvernement belge) dans l'Université du coopérant où sa formation est complétée; enfin, après la relève, on s'attache à instaurer et à amplifier une véritable collaboration entre les deux établissements.

Dans l'intérêt de la carrière du coopérant, celui-ci peut être réintégré (intégré, s'il s'agit de personnel hors-cadre) dans l'université d'origine pour une période égale au maximum, à la moitié de la durée de la mission d'assistance. Pendant celle-ci le traitement du coopérant a été remboursé par le Gouvernement belge.

La politique de *coopération technique universitaire* (CTU) promue par le CEDEV a conduit *de facto* à l'organisation au niveau national de l'*Association interuniversitaire de Coopération au Développement* (AICD) devenue en 1974 une A.S.B.L. et regroupant les universités de l'Etat de Gand, Liège et Mons, les deux Universités libres de Louvain, les deux Universités libres de Bruxelles, l'Institution universitaire d'Anvers et, à titre d'associés, la Faculté polytechnique de Mons, la Faculté agronomique de Gembloux et les Facultés universitaires N.D. de la Paix à Namur. Tandis qu'une université est chargée de la coordination d'une mission d'assistance donnée, l'exécution est accomplie sur base interuniversitaire. La C.T.U. s'applique actuellement aux pays suivants : Zaïre, Rwanda, Burundi, Algérie, Maroc, Sénégal, Côte d'Ivoire et Malaisie. Au Zaïre et au Burundi, 39 coopérants liégeois sont engagés pour des programmes de longue durée (campus universitaires de Kinshasa, de Kisangani-Yangambi et Lubumbashi, Université officielle du Burundi) et 160 coopérants environ venant de toutes les Universités belges étaient en poste en décembre 1975.

Au Chili, un programme de type C.T.U. fait l'objet d'une convention entre le Gouvernement et l'Université de Liège en vue de la promotion — au cours d'une première étape de 5 ans — de dix chaires de l'Ecole des Ingénieurs de l'Université de Concepcion (7). Une convention identique est actuellement négociée

(7) Les événements survenus au Chili ont interrompu la collaboration et suspendu tout renouvellement et l'organisation de nouveaux projets.

entre l'U.L.B. et l'Université nationale de Santiago. Au Maroc, à la suite d'une démarche des autorités marocaines auprès du Gouvernement belge, un accord de coopération de régime C.T.U. confie à l'Université de Liège la mise en œuvre et la coordination générale du projet d'assistance à l'Ecole Mohammadia d'Ingénieurs à Rabat (E.M.I.). La convention prévoit principalement :

— L'accueil en Belgique des étudiants ingénieurs de l'E.M.I. inscrits en 5^{ème} année dans les sections au sein desquelles cette année terminale n'est pas encore organisée à Rabat (électricité — électronique, mines-géologie, mécanique). Ces étudiants s'inscrivent dans les Universités belges en « élèves-libres » et y suivent un programme proposé par un coordinateur et accepté par la Faculté, le diplôme d'ingénieur leur étant délivré au Maroc à la suite de la délibération des jurys de l'E.M.I. sur la base des notes obtenues en Belgique.

13 étudiants marocains ont, cette année, bénéficié de ce régime, dont 4 à Liège (électronique), le reste étant partagé entre l'U.Ms (Mécanique) et l'U.C.L. (Mines-Géologie).

— L'envoi à l'E.M.I. de personnel enseignant permanent et visiteur et de personnel scientifique (8).

— La formation d'« homologues » marocains en Belgique (8).

Dans le même esprit, l'Université de Gand est attachée à un projet relatif à l'Ecole normale supérieure à Rabat.

Au Gabon, l'Université de Liège a accepté en principe de collaborer avec l'Université de Libreville et organise dès à présent deux missions de visiteurs.

L'ensemble des programmes Chili, Maroc, Gabon, fait intervenir une trentaine de coopérants (professeurs, personnel scientifique, diplômés) de l'Université de Liège.

J'extraits du rapport du professeur J. FRENKIEL [4], présenté à la récente Assemblée générale de l'AUPELF, le texte suivant de nature à intéresser particulièrement la Classe des Sciences techniques car il concerne les perspectives ouvertes aux *recherches appliquées* :

« Il est bien entendu qu'il (programme de C.T.U. financé par le Ministère des Affaires économiques) n'est pas le seul à pouvoir être mis

(8) Ces deux derniers aspects de la coopération avec l'EMI n'ont pas encore reçu d'application concrète.

en œuvre par les Universités regroupées au sein de l'AICD. Celles-ci peuvent également entreprendre des actions de coopération non seulement au plan de l'enseignement et de la recherche mais dans tous les autres domaines requérant la collaboration de personnel universitaire, par exemple, des missions interdisciplinaires d'étude de projets (cf. L. CALEMBERT [1]). De telles actions peuvent être demandées et financées soit par le Gouvernement belge, soit par une organisation internationale, soit par un Gouvernement de pays de développement disposant de certaines ressources, soit même par des organismes privés ».

En conclusion, il semble que les initiatives émanant des Universités belges, qu'elles proviennent d'organisations interuniversitaires, de divers établissements ou de services et de laboratoires isolés, sont de nature, avec ou sans intervention du Gouvernement belge, à promouvoir la collaboration efficace entre notre pays et les territoires d'Outre-Mer. L'évolution des formules d'assistance avec la volonté de favoriser l'émancipation du Tiers Monde, sans compter qu'elle paraît bien répondre à la volonté majoritaire de ce dernier, permet d'espérer un enrichissement scientifique et technique *réciproque* des coopérants et des assistés.

26 mars 1976.

Laboratoires de Géologie
Générale et Appliquée
UNIVERSITE DE LIEGE,
Place du Vingt-Août 7
4000 LIEGE

BIBLIOGRAPHIE

- [1] CALEMBERT L. : Activités d'un laboratoire de géologie appliquée dans les pays en développement (*Bulletin des séances de l'Académie royale des Sciences d'Outre-Mer*, 3, p. 416-427, Bruxelles, 1975).
- [2] CEDEV : Rapport d'activité 1964-1974 au Conseil d'Administration de l'Université de Liège (Liège, 1974).
- [3] FRENKIEL J. : Pour une assistance d'émancipation (*Bulletin d'Information du CEDEV*, n° 10, p. 5-9, Liège, 1968).
- [4] Rapport introductif sur « La recherche des modèles opérationnels de coopération interuniversitaire » (Assemblée générale de l'AUP-ELF, Lome, Togo, 1975).
- [5] Les statuts du CEDEV : Règlements et programmes des certificats et licences pour les pays en développement (Université de Liège, 1967).

DISCUSSION

Au cours de la discussion qui a suivi la communication de M. L. Calembert, des questions ont été posées à ce dernier par Mgr L. Gillon et M. J. De Cuyper et la Classe a souhaité que M. Calembert s'informe à ce sujet et fournisse dans la mesure du possible les réponses à ces questions.

Mgr GILLON L. : Quelle est pour 1975 et 1976 la partie du budget du CEDEV qui ne provient pas de l'A.G.C.D. ?

CALEMBERT L. : L'A.G.C.D. ne verse et n'a jamais versé de subside au CEDEV dont le budget est financé uniquement par l'Université de Liège.

Mgr GILLON L. : Le CEDEV voit-il des sources de financement non gouvernementales pour les années actuelles ?

CALEMBERT L. : La conjoncture présente semble avoir tari pour le moment les sources de financement non gouvernementales que j'ai signalées d'après mon expérience passée au CEDEV mais ce dernier reste attentif à cette possibilité que lui confère ses statuts et poursuit ses efforts dans ce sens.

DE CUYPER J. : Ne serait-il pas utile de préciser que l'origine de la création de l'a.s.b.l. A.I.C.D. se trouve dans la « Commission interuniversitaire de Coopération au Développement » qui fonctionnait déjà depuis plusieurs années comme commission consultative au sein de l'A.G.C.D. et dans laquelle siègent des délégués de diverses universités belges ?

CALEMBERT L. : Je pense que c'est exactement là ce que vous trouverez dans le texte intégral de ma communication.

DE CUYPER J. : Au sujet des renseignements budgétaires demandés par Mgr Gillon, ne conviendrait-il pas de distinguer CEDEV et A.I.C.D. ?

CALEMBERT L. : L'A.I.C.D. reçoit un subside annuel de fonctionnement de l'A.G.C.D. qui lui permet de se doter d'un secrétariat permanent : un secrétaire comptable et un sténo-dactylo.

Pour le financement du CEDEV, il a été répondu ci-dessus.

DE CUYPER J. : Dans le cadre de l'A.I.C.D., les coopérants belges (statut C.T.U.) disposent-ils de budgets de fonctionnement et d'équipement leur assurant un minimum de possibilités pour remplir leurs tâches de coopérants sur place ?

CALEMBERT L. : Les coopérants C.T.U. disposent effectivement de crédits logistiques qui sont gérés par l'A.G.C.D.

A. Lederer. — Réflexions sur l'économie d'énergie dans les transports maritimes

RÉSUMÉ

Le moteur Diesel et la turbine à vapeur sont les seuls appareils à propulsion en compétition dans le domaine maritime. Le premier présente une consommation spécifique inférieure à celle du second, qui convient mieux pour les navires de grande taille. De nombreuses commandes de navires de plus de 150 000 t.d.w. ayant été annulées, dans les années à venir la propulsion des navires sera assurée surtout par des moteurs Diesel.

Lorsque le prix du combustible augmente, la vitesse économique des navires diminue; cependant, les autres facteurs intervenant dans ce calcul subiront également une hausse corrélative avec un certain décalage. Il faut s'attendre dans les années à venir, à ce que la vitesse des navires soit inférieure de 10 % à ce qu'elle était avant la crise de l'énergie.

La salissure des coques de navire entraîne une augmentation de résistance à l'avancement assez importante. La mise au point de peintures « antifouling » d'une efficacité durable et n'altérant pas l'écologie maritime pourrait conduire à une économie d'énergie appréciable.

* * *

SAMENVATTING

De Dieselmotor en de stoomturbine zijn de enige voortstuwingsmachines die competitief zijn op scheepvaartgebied. De eerste vertoont een specifiek kleiner verbruik dan de tweede, die beter geschikt is voor grotere schepen. Daar talrijke bestellingen van schepen met meer dan 150 000 t.d.w. geschrapt worden, zal in de komende jaren de stuwkracht van schepen hoofdzakelijk door Dieselmotoren gebeuren.

Wanneer de prijs van de brandstof stijgt, vermindert de economische snelheid van de schepen; maar de andere factoren die in deze berekening betrokken zijn, zullen eveneens een beïnvloedende verhoging ondergaan, met een bepaalde decalage. Voor de komende jaren moet men er zich aan verwachten dat de snelheid der schepen 10 % lager zal liggen dan ze voor de energiecrisis was.

Het vervuilen van de scheepsrompen, brengt een tamelijk belangrijke vergroting mee van de weerstand tegen de voortbeweging. Het op punt stellen van de « anti-fouling » beschildering, van een blijvende doelmatigheid, en die geen weerslag heeft op de zee-ecologie, kon tot een belangrijke energiebesparing leiden.

* * *

1. INTRODUCTION

Au cours de l'exercice précédent, à l'initiative de notre dynamique directeur de classe trop tôt disparu, plusieurs communications ont été consacrées aux diverses sources d'énergie et à leurs applications. En hommage à Louis JONES et dans le prolongement des exposés précités, j'ai l'honneur de vous présenter quelques réflexions sur les économies d'énergie dans les transports maritimes.

Elles porteront sur trois points:

- Le choix de l'appareil moteur;
- la vitesse économique;
- La salissure de la carène.

Ils seront abordés sous l'angle particulier de l'économie de combustible.

2. LE CHOIX DE L'APPAREIL MOTEUR

Pour réduire, et même supprimer la consommation d'énergie, un humoriste pourrait suggérer le retour à la voile ou à l'aviron; il ne serait cependant pas suivi, car il s'agit de moyens de propulsion lents et impliquant des conditions de voyage aujourd'hui

inacceptables du point de vue humain aussi bien que du point de vue économique. Ils ont été supplantés par les moyens de propulsion mécaniques qui ont fait leur apparition sur les navires à l'aube du XIX^e siècle. En 1807, FULTON a réalisé la première propulsion à vapeur sur un bateau qui naviguait sur la Seine à Paris. Mais ce précurseur fut méconnu et mourut dans la misère aux Etats-Unis en 1815. Cet échec sur le plan personnel n'arrêta pas le succès de son invention et la propulsion par machine alternative mue à la vapeur connut une grande vogue jusqu'à la deuxième guerre mondiale.

Ce type de machine se perfectionna par la détente successive en deux, trois et même quatre cylindres; en même temps, on passait de la chaudière à tubes à fumée à celle à tubes bouilleurs et leur timbre augmentait jusqu'à 25 kg/cm².

L'adoption du condenseur, à mélange d'abord, à surface ensuite, améliora sensiblement le rendement de ces installations. On introduisit aussi la surchauffe mais elle demeurait modérée pour éviter des ennuis de graissage. Cependant, le poids de ces installations restait élevé, plus de 200 kg/chi; il en était de même de la consommation spécifique qui descendait rarement sous 700 g/chi/h de charbon.

Aussi, à partir de 1894, lorsque PARSONS équipa le « Turbina » avec la première turbine de propulsion, une concurrence sans merci naquit entre ces deux moteurs à vapeur. La turbine supportait des pressions et des températures de surchauffe nettement plus élevées que la machine à pistons et le vide du condenseur pouvait être abaissé jusqu'à 0,05 kg/cm² contre 0,13 kg/cm² pour la machine à pistons.

Aussi, rapidement pour les puissances de plus de 2 000 ch, la turbine conquiert le marché maritime.

Sa consommation spécifique inférieure à 300 g/che/h faisait entrevoir, avant la première guerre mondiale, un brillant avenir pour ce nouveau mode de propulsion.

Cependant, un concurrent apparaissait; c'était le moteur Diesel. Déjà, en 1865, le belge Etienne LENOIR avait équipé pour la première fois un bateau au moyen d'un moteur à gaz à combustion interne; mais ce bateau fut détruit en 1870 lors du siège de Paris. Il fallut attendre en 1897 l'invention de DIESEL pour livrer

sur le marché un moteur à combustion interne de qualité et concurrentiel.

Au début, le moteur Diesel pesait également aux environs de 200 kg/che, mais, il ne consommait que 210 g/che/h de combustible liquide. C'était là un progrès considérable, mais il semble que les armateurs n'y prêtèrent pas une attention suffisante. Il équipait surtout des bateaux auxiliaires et de service. Pourtant, en 1908, SULZER, en réalisant le moteur Diesel à deux temps, avait réussi à descendre le poids de ce genre d'installation motrice au-dessous de celui de la turbine à vapeur.

Il fallut attendre l'invention de la pompe Bosch et de l'injection mécanique pour voir le moteur Diesel s'introduire entre les deux guerres dans les flottes marchandes océaniques.

En fin de compte, depuis 1945, dans le domaine maritime, la lutte se circonscrit à la turbine à vapeur et au moteur Diesel qui ont fait, l'un et l'autre, de grands progrès ce dernier quart de siècle.

On a bien songé à la turbine à gaz pour diminuer le volume de la salle des machines des porte-conteneurs. Cependant, cette solution ne s'est guère généralisée, car, pour améliorer le rendement de cette machine motrice, il faut un échangeur thermique assez encombrant et aussi parce que le rendement de la turbine à gaz diminue dans le temps par suite des dépôts incrustants sur les ailettes de la turbine et les pales du compresseur.

En version marine, la consommation spécifique de la turbine à gaz s'élève à quelque 220 g/ch/h, soit environ 30 % de plus que le moteur Diesel. Aussi, ce type d'installation est rarement utilisé pour la propulsion des navires.

Quant à la propulsion nucléaire, elle se prête mal à la propulsion des navires de commerce dont la plupart exigent une puissance trop modeste pour justifier ce type d'installation.

Restent en présence, la turbine à vapeur classique et le moteur Diesel. Il y a vingt-cinq ans, la turbine à vapeur était employée pour les navires dont la puissance était supérieure à cinq mille chevaux, soit la limite de puissance qu'on pouvait tirer à cette époque du moteur Diesel. Les transatlantiques, les grands paquebots, les grands navires de commerce du monde et la plupart des navires de guerre étaient équipés de turbines.

Vers 1950, rarement dans la flotte commerciale le timbre des chaudières était supérieur à 50 kg/cm^2 et la température de surchauffe de la vapeur se situait aux environs de 450°C ; dans ces conditions, la consommation spécifique de fuel oil était de l'ordre de 210 g/ch/h . Mais la turbine eut à mener un dur combat contre le moteur Diesel dont la puissance unitaire allait en croissant considérablement.

Actuellement, il est exceptionnel de construire une turbine marine de moins de vingt-cinq mille chevaux ou de construire un bateau de commerce de moins de $150\,000 \text{ t.d.w.}$ de capacité avec propulsion par turbine à vapeur. Ce mode de propulsion s'est maintenu grâce au fait que les tonnages des navires mis en ligne depuis 1950 jusqu'à la fin 1974 ont été en augmentant de façon spectaculaire et régulière. A chaque étape de cette croissance, la turbine équipait les navires de la classe de tonnage la plus élevée; cependant, chaque fois, le moteur Diesel réussissait à reprendre une partie du marché avec deux ou trois années de décalage.

Actuellement, on trouve des ensembles de propulsion par turbines à vapeur qui peuvent servir pour une gamme de puissances comprises entre $36\,000 \text{ ch}$ et $45\,000 \text{ ch}$. Ils sont équipés d'un réducteur à engrenages qui permet d'adapter le nombre de tours du propulseur au service à assurer par le navire auquel ils sont destinés. Le timbre est de 64 kg/cm^2 et la température de surchauffe de 510°C . Dans ces conditions, la consommation spécifique s'élève à 190 g/ch/h environ.

Un avantage invoqué en faveur de la propulsion par turbine à vapeur provient du réducteur de vitesse qui permet de faire tourner le propulseur à un régime plus bas qu'avec un moteur Diesel; de ce fait, le rendement de l'hélice peut être plus élevé pour les grandes puissances.

Les progrès du moteur Diesel ont été prodigieux. Après la deuxième guerre mondiale, la pression moyenne effective des moteurs à deux temps était seulement de $5,25 \text{ kg/cm}^2$; on réussit, vers 1950, à suralimenter ceux-ci de façon pratique.

L'augmentation des puissances unitaires fut réalisée par le relèvement de la pression moyenne effective et par l'augmentation des dimensions des cylindres. La pression moyenne effec-

tive, grâce aux progrès technologiques, passa successivement à 7,4 kg/cm², à 8,85 kg/cm², à 10,8 kg/cm² et, finalement en 1975, à 12,4 kg/cm². Pendant le même temps, le diamètre des cylindres passait de 0,44 m à 1,05 m et la course des pistons de 0,76 m à 1,80 m. Ainsi, en un quart de siècle, la puissance des grands moteurs Diesel marins mis sur le marché passait de cinq mille à cinquante-quatre mille chevaux effectifs. En même temps, le poids du moteur Diesel de propulsion tombait de 60 kg/che à 30 kg/che.

Parallèlement à ces progrès, le rendement des moteurs Diesel allait en croissant. En effet, la puissance absorbée par le frottement des segments contre la chemise du cylindre est indépendante de la pression moyenne effective développée et il s'agit de la part la plus importante de la puissance perdue par frottement. On a :

$$\eta_{\text{méc}} = \frac{N_i - N_f}{N_i} = \frac{N_e}{N_i}$$

$\eta_{\text{méc}}$ = rendement mécanique;

N_i = puissance indiquée développée par les gaz dans le cylindre, en ch;

N_f = puissance absorbée par frottement ou entraînement d'auxiliaires incorporés au moteur, en ch;

N_e = puissance effective ou recueillie à l'arbre du moteur, en ch.

Lorsque N_i augmente, le rendement croît, puisque N_f varie peu, du moins à vitesse de rotation constante. Or, celle-ci est indépendante du taux de suralimentation pour un moteur déterminé, car la vitesse linéaire moyenne des pistons des grands moteurs Diesel à deux temps est limitée à 6,30 m/s.

Grâce à ces progrès, la consommation spécifique des grands moteurs Diesel à deux temps est passée de 165 g/ch/h à 150 g/ch/h et celle des moteurs à quatre temps de 175 g/ch/h à 155 g/ch/h, et cela, sans compter la récupération des calories contenues dans les fumées, après passage au travers de la turbine du turbo-compresseur de suralimentation.

En période où l'économie d'énergie est de rigueur, toute réduction de consommation de combustible est bienvenue. Aussi, les considérations évoquées ci-dessus expliquent les raisons pour lesquelles le moteur Diesel a connu une aussi grande vogue en matière de propulsion de navires.

Ce succès est également dû, en bonne partie, à l'accroissement de la sécurité de fonctionnement du moteur Diesel, tout en lui faisant consommer un combustible aussi lourd que celui brûlé dans les chaudières marines.

Autrefois, le combustible utilisé sur les navires à propulsion Diesel correspondait à la classe F des « British Standard », soit d'une viscosité de 1 000 secondes Redwood n° 1 à 100° F; après la deuxième guerre mondiale, des essais ont été entrepris pour brûler des combustibles plus lourds, donc meilleur marché. Actuellement, on consomme d'une façon générale des fuels-oils de la classe G de la normalisation précitée à 3 500 secondes Redwood n° 1 à 100° F; on appelle communément ceux-ci « bunker C »; ils constituent un résidu de la distillation du pétrole brut, d'où leur bon marché par rapport aux produits plus légers.

On ne peut cependant les employer sans certaines précautions bien mises au point actuellement. Pour assurer leur écoulement au travers des tuyauteries, des pompes et des injecteurs, leur viscosité doit être abaissée environ à 100 secondes Redwood n° 1 en les chauffant vers 130° C. Avant d'être envoyés vers les pompes à combustible et les injecteurs, ils passent par un épurateur et un clarificateur de façon à les débarrasser, par force centrifuge, de toutes les impuretés.

Les *fig. 1* et *2* font ressortir les progrès accomplis en un siècle et demi en matière de propulsion des navires, tant en poids de l'installation propulsive qu'en consommation spécifique.

Dans les années à venir, la part réservée au moteur Diesel en propulsion maritime ira en croissant, car à la suite de la crise de l'énergie, et de la réouverture du Canal de Suez, de nombreuses commandes de navires de plus de 225 000 t.d.w. sont annulées; or il s'agissait de la tranche de tonnage privilégiée pour la turbine à vapeur. A l'heure actuelle, les navires de 70 000 t.d.w. traversent le canal de Suez et les travaux en cours permettront

Consommation spécifique en gr/ch.h

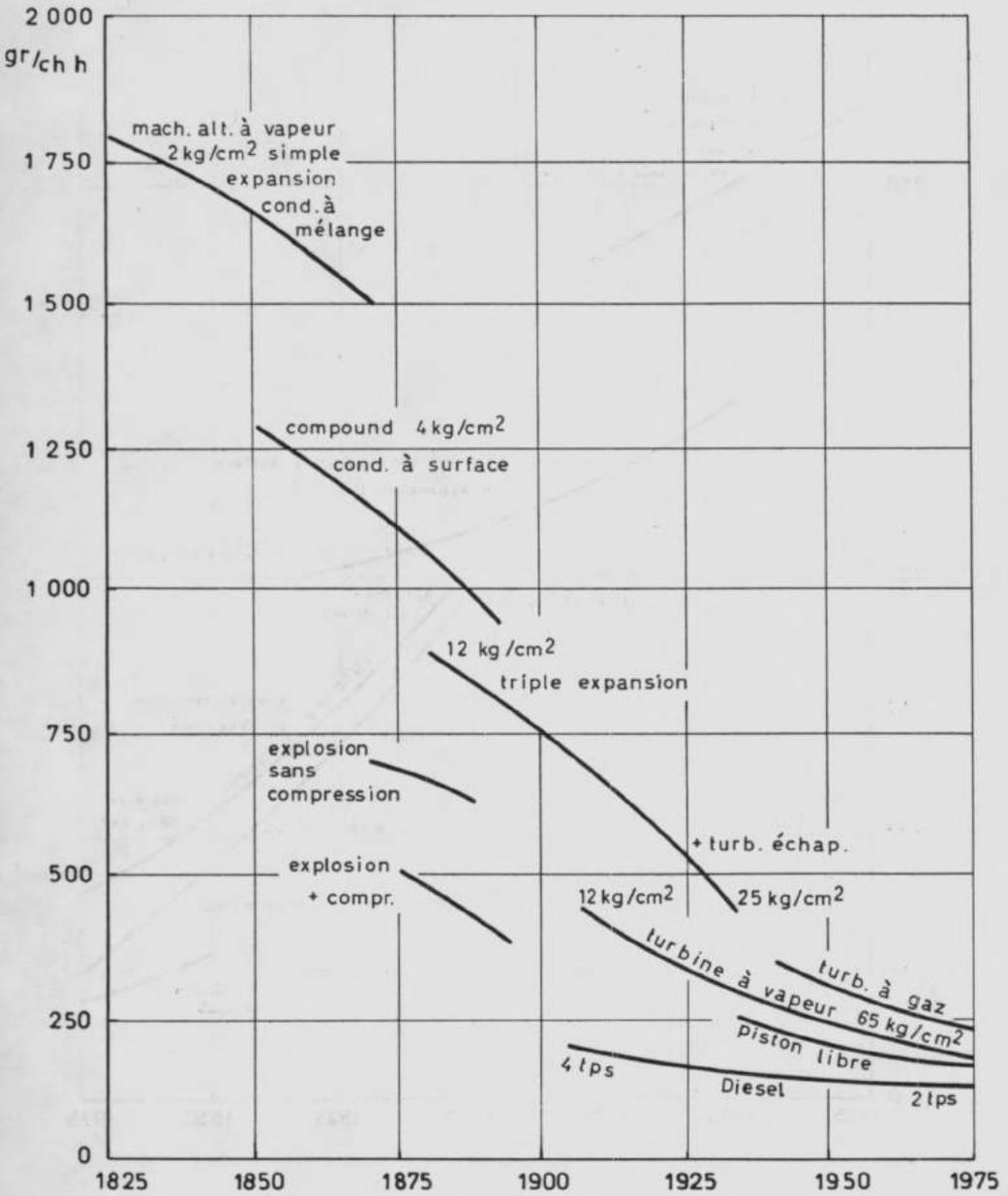


Fig. 1

Poids de machine en kg/ch

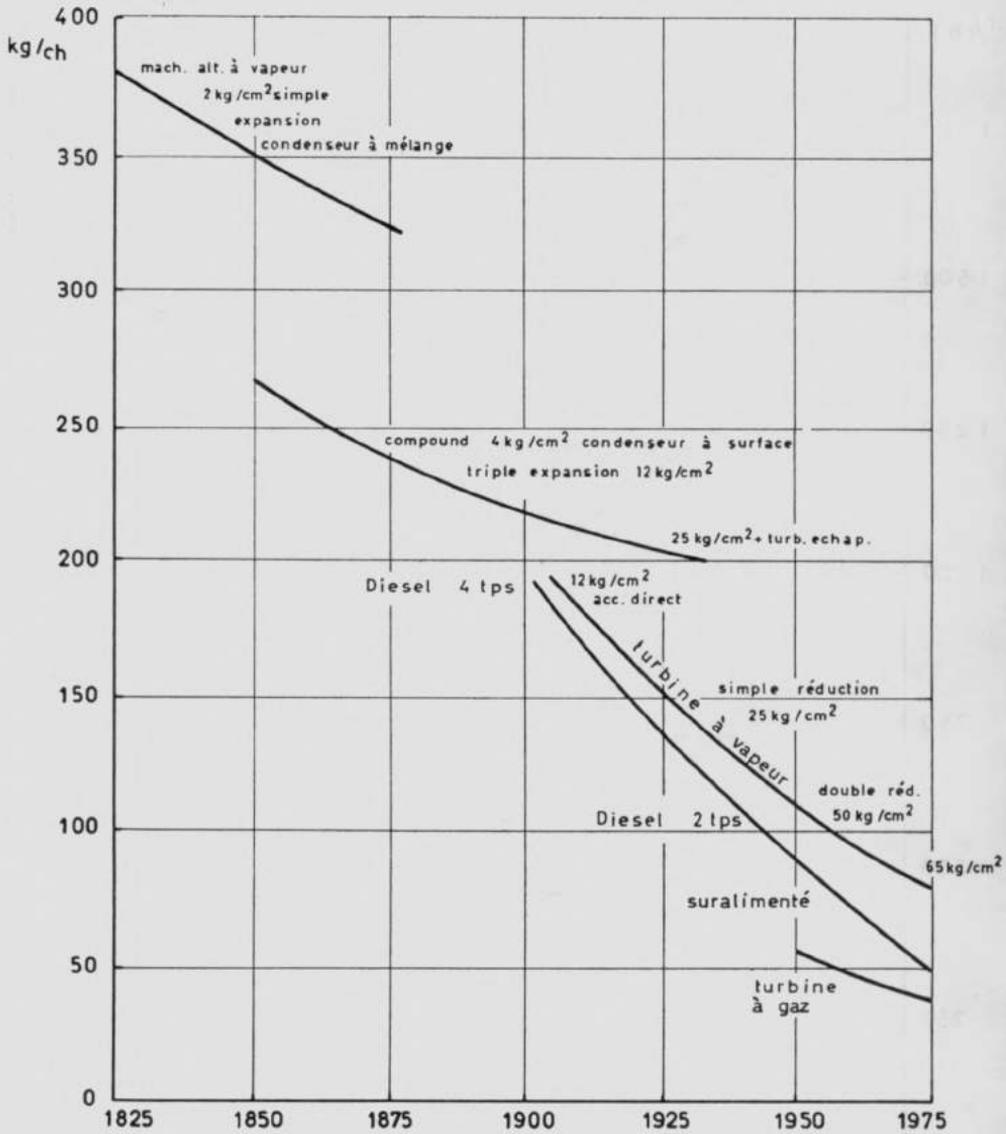


Fig. 2

le passage de navires de 150 000 t.d.w. en charge et de 225 000 t.d.w. sur ballast.

3. VITESSE ÉCONOMIQUE DU NAVIRE

La résistance à l'avancement et la puissance de propulsion sont fonction de la vitesse du navire. Lorsque cette dernière augmente, la consommation de combustible croît, tandis que les frais fixes décroissent. Il existe donc une vitesse économique pour un navire desservant une ligne déterminée. On pourrait discuter encore comment concevoir la vitesse économique; cependant, le propos de cette communication se rapporte à la réduction de la consommation de combustible.

Les calculs ci-dessous ont été effectués à l'aide de données relatives à un navire déterminé.

Le coût par voyage d'un navire existant se décompose en:

1. Les frais fixes par jour, F qui comportent l'amortissement, l'intérêt du capital, les taxes, le bénéfice, l'équipage, les assurances, les réparations, l'entretien, les fournitures, l'administration du navire;
2. Les frais journaliers de combustible en mer C ;
3. Les frais de port.

La vitesse économique ne dépend que des postes 1 et 2. Les frais fixes sont supposés invariables, les données du bateau étant établies définitivement.

Pour une distance simple D en milles marins et un nombre de jour j_p au port, le coût d'un voyage, uniquement pour les postes 1 et 2, est donné par:

$$\left(\frac{D}{24v} + j_p \right) F + \frac{D}{24v} C$$

mais les frais journaliers de combustible C dépendent de la vitesse du navire selon la relation:

$$C = kv^x$$

L'exposant x varie entre 3,5 et 4 et, dans le cas étudié, il vaut 3,9. Le coût d'un voyage devient donc:

$$\left(\frac{D}{24v} + j_p\right)F + \frac{D}{24v} \cdot kv^x = \left(\frac{D}{24v} + j_p\right)F + \frac{Dk}{24} v^{x-1}$$

En annulant la dérivée première de cette expression et en résolvant par rapport à v , on obtient la vitesse optimum

$$-F + k(x-1)v^x = 0$$

D'où

$$v_{opt} = \sqrt[x]{\frac{F}{(x-1)k}}$$

où pour $x = 3,9$

$$v_{opt} = \sqrt[3,9]{\frac{F}{2,9k}}$$

Ceci permet d'analyser l'influence du coût du combustible sur la vitesse économique du navire étudié et dont la vitesse supputée est de 21 nœuds.

Les frais fixes, à l'exclusion des frais généraux s'élèvent à 327,5 millions de francs par an, soit 897 300 francs par jour.

En considérant le combustible marin au prix de 1975, soit 2 000 francs la tonne, la dépense annuelle de combustible sera de 55 millions de francs pour 215 jours de mer, soit $C = 255 800$ francs.

La courbe de puissance, donc de consommation, varie selon la puissance 3,9 de la vitesse:

$$k \cdot 21^{3,9} = 255 800$$

d'où $k = 1,78$ et donc:

$$v_{opt} = \sqrt[3,9]{\frac{897 300}{2,9 \times 1,78}} = 22,06 \text{ nœuds}$$

si le combustible doublait de prix: $k = 1,78 \times 2 = 3,56$ et:

$$v_{opt} = \sqrt[3,9]{\frac{897 300}{2,9 \times 3,56}} = 18,47 \text{ nœuds}$$

Pour un prix doublé du combustible, la vitesse optimum diminue de 16,3 % seulement.

Toutefois, une hypothèse de ce calcul ne sera pas respectée. En effet, si le prix du combustible augmente, les frais fixes journaliers ne tarderont pas à suivre, si bien que la réduction de la vitesse optimum sera moindre que celle établie ci-avant.

En supposant qu'après quelques mois les frais fixes augmentent de 50 %

$$v_{\text{opt}} = \sqrt[3,9]{\frac{134\,950}{2,9 \times 3,56}} = 20,49 \text{ nœuds}$$

La réduction de vitesse n'est plus que de 7,2 %.

Lorsqu'on parle de réduire la vitesse d'un navire existant, il s'agit d'être prudent. En effet, un moteur ne peut tourner de façon continue à une vitesse trop éloignée du régime normal, car le combustible lourd, actuellement le seul utilisé sur les moteurs Diesel lents des navires, contient environ 2 % de soufre. En régime de température trop basse du moteur, il y a danger de condensation dans les fumées de combustion, avec formation d'acide sulfurique, d'où détérioration des organes situés dans l'échappement.

Par contre, choisir une vitesse trop élevée peut conduire à de graves mécomptes. On sait que, par suite des interférences entre les systèmes de vagues transversales avant et arrière, il existe des zones de vitesses critiques correspondant à la coïncidence des sommets des deux systèmes de vague; à ces vitesses, la propulsion du navire exige une puissance relativement élevée pour entretenir ces vagues d'accompagnement. Ces vitesses critiques correspondent à des gammes de valeurs bien déterminées du rapport V/\sqrt{L} , V étant la vitesse du navire en nœuds et L sa longueur en pieds. Ces gammes de vitesse critique correspondent, pour la première vitesse critique à des valeurs de V/\sqrt{L} comprises entre 0,67 et 0,68, pour la deuxième vitesse critique, à des valeurs de V/\sqrt{L} comprises entre 0,79 et 0,82, pour la troisième vitesse critique, à des valeurs de V/\sqrt{L} comprises entre 0,98 et 1,05 et pour la quatrième vitesse critique, à des valeurs de V/\sqrt{L} comprises entre 1,23 et 1,85. La vitesse du navire doit se situer

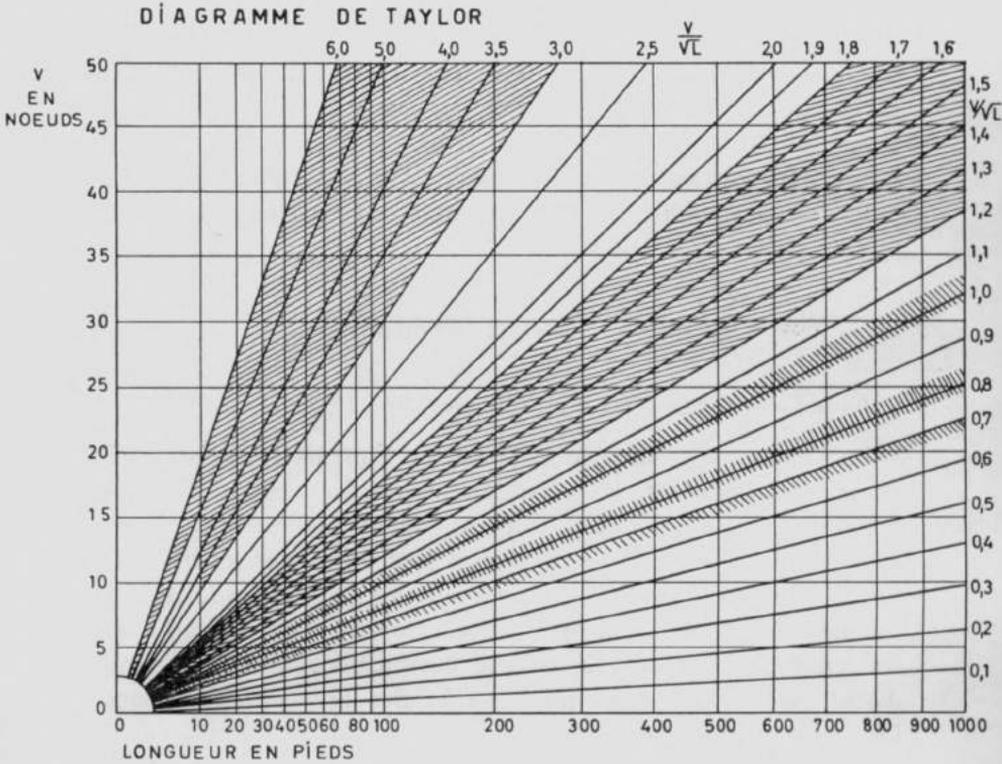


Fig. 3

en dehors des plages citées ci-dessus, sous peine de dépenser un supplément de puissance dû à l'interférence des systèmes de vagues évoquées ci-dessus. La *fig. 3* représente le diagramme de Taylor où les vitesses critiques ont été ombrées.

Normalement, les navires commerciaux naviguent au-delà de la première ou de la deuxième vitesse critique. Dépasser la troisième vitesse critique pour la vitesse de régime d'un navire de commerce est une gageure qui peut conduire à des mécomptes.

Relatons ici l'avatar d'un armement qui faisait sa propagande sur la vitesse de ses porte-conteneurs. Il s'agissait de huit navires d'une capacité de 2 000 unités de 20 pieds mesurant 800 pieds de longueur et filant à 33 nœuds. Ceci correspond à une valeur du

rapport $V/\sqrt{L} = 1,17$, soit au-delà de la troisième plage de vitesse critique comprise entre 0,98 et 1,05.

Ces navires possédaient deux lignes d'arbre exigeant chacune 60 000 che. Chaque ligne d'arbre était attaquée par deux turbines à vapeur de 30 000 che et la consommation journalière s'élevait à 550 t/j de combustible, soit 191 g/ch/h.

La hausse du coût du combustible conduisit l'armement à revoir sa position, car la grande vitesse n'était plus rentable. Il fallait la réduire de façon à naviguer entre la deuxième et la troisième gamme de vitesses critiques. La puissance totale de propulsion a été ramenée de 120 000 che à 60 000 che et la vitesse de navigation de 33 nœuds à 27 nœuds, ce qui correspond à un $V/\sqrt{L} = 0,95$.

Cependant, la réduction de puissance a été obtenue en découplant deux turbines sur quatre; en effet, si on avait réduit la puissance de chaque turbine de 30 000 che à 15 000 che, la consommation spécifique aurait augmenté. A l'heure actuelle, ces navires véhiculent pendant leurs voyages la moitié de l'installation propulsive inutilisée.

Si ces navires avaient été conçus directement pour une vitesse de 27 nœuds, on aurait pu, par exemple, ramener leur vitesse à 24 nœuds, ce qui aurait correspondu à un $V/\sqrt{L} = 0,85$ et aurait conduit à une réduction de puissance de l'ordre de 30 %, ce qui eut encore été acceptable.

4. LA SALISSURE DE LA CARÈNE

La résistance à l'avancement d'un navire se décompose en résistance de frottement, en résistance résiduaire, en résistance des appendices et en résistance de l'air.

Pour les navires de commerce navigant à une vitesse normale, la résistance de frottement représente près des deux tiers de la résistance totale à l'avancement.

Les essais en bassin de carènes se font en supposant une coque propre et nue. C'est l'anglais FROUDE W. qui a, le premier, effectué des essais sur modèles permettant de décomposer la résistance à l'avancement en résistance de frottement et en résistance

résiduaire, tandis que l'amiral français LE BESNERAIS donnait une expression du coefficient de frottement universellement admise. Cette formule est la suivante:

$$R_f = \lambda \Sigma v^{1,825}$$

dans laquelle

R_f = résistance de frottement, en kg,

λ = coefficient de frottement de Le Besnerais,

Σ = surface mouillée, en m²,

v = vitesse d'avancement en m/s.

Le coefficient de frottement vaut:

$$\lambda = 0,1392 + \frac{0,258}{2,68 + L}$$

L = longueur du navire, en m.

Il diminue avec la longueur du navire par suite de la viscosité de l'eau qui, dans le voisinage de la carène, est entraînée par le mouvement de celle-ci.

Ce coefficient de frottement établi pour une carène lisse et propre ne reste pas constant, mais il augmente dans le temps parce que la surface mouillée ne reste pas dans son état primitif. Même à l'état neuf, la carène est loin d'être lisse; c'est ainsi que LACKENBY a examiné 68 bateaux neufs et qu'il a trouvé pour leur état de surface une rugosité moyenne de 190 microns, les extrêmes étant compris entre 100 et 400 microns.

Cependant, cette rugosité va en augmentant dans le temps à cause des salissures de coque. Chaque fois qu'elle croît de 25 microns, la résistance totale augmente de 2,5 %; la rapidité de la croissance de la rugosité dépend des mers fréquentées et du service du navire. Dans les mers chaudes, elle augmente plus vite que dans les mers des régions à climat tempéré; de même, à l'arrêt, la rugosité croît plus vite que pendant la navigation. Les navires qui pénètrent dans l'estuaire du Zaïre sont en situation privilégiée, car, à chaque voyage dans les eaux douces de ce fleuve au débit considérable, la carène est en bonne partie nettoyée des micro-organismes, animaux ou végétaux, croissant sur la coque et qui sont à l'origine de l'augmentation de la rugosité.

Dans cette formule:

d_0 = nombre de jours depuis la mise en service des navires,
 d = nombre de jours depuis le dernier radoubage,
 a , b et c = sont des coefficients.

L'augmentation de la résistance de frottement comporte deux termes qui ont chacun leur signification.

Le premier $\frac{ad}{b+d}$ est dû aux barnacles, aux végétaux et aux salissures de carène qui augmentent la rugosité de surface.

Les coefficients a et b , pour un même navire, dépendent de la ligne desservie, de la saison et du nombre de jours au port par rapport au nombre de jours de navigation.

Le coefficient c représente la détérioration de la surface dans le temps; ce coefficient dépend notamment de la bonne préparation de la surface de la tôle et du soin apporté lors de la première application de peinture anticorrosive.

Les coefficients a , b et c dépendent également de la peinture antifouling utilisée et de sa bonne application sur la carène.

A titre indicatif, le *tableau I* donne quelques valeurs des coefficients a , b et c mesurées, dans le cadre des activités du Centre belge de Recherches navales (Ceberena), par le professeur AERTSSEN sur des navires appartenant à des armements belges.

Tableau I. — Coefficients de fouling et de détérioration

Navires	Vitesse Nœuds	Longueur m	Ligne	a	b	c
Tervaete	17	133,5	Inde-Afrique Est	44	70	90
Lubumbashi	15	136,0	Amérique-Afrique	22	185	80
Jordaens	16,5	146,2	Amérique-Afrique	21	180	100
Jadorville	16,5	156,0	Afrique Ouest	20	190	130
Minéral-Seraing	16,0	218,0	Afrique Ouest	20	250	110
Koningin-Elisabeth	22,0	108,5	Ostende-Douvres	130	650	200
Narval	15,0	65,5	Afrique du Sud	140	320	100

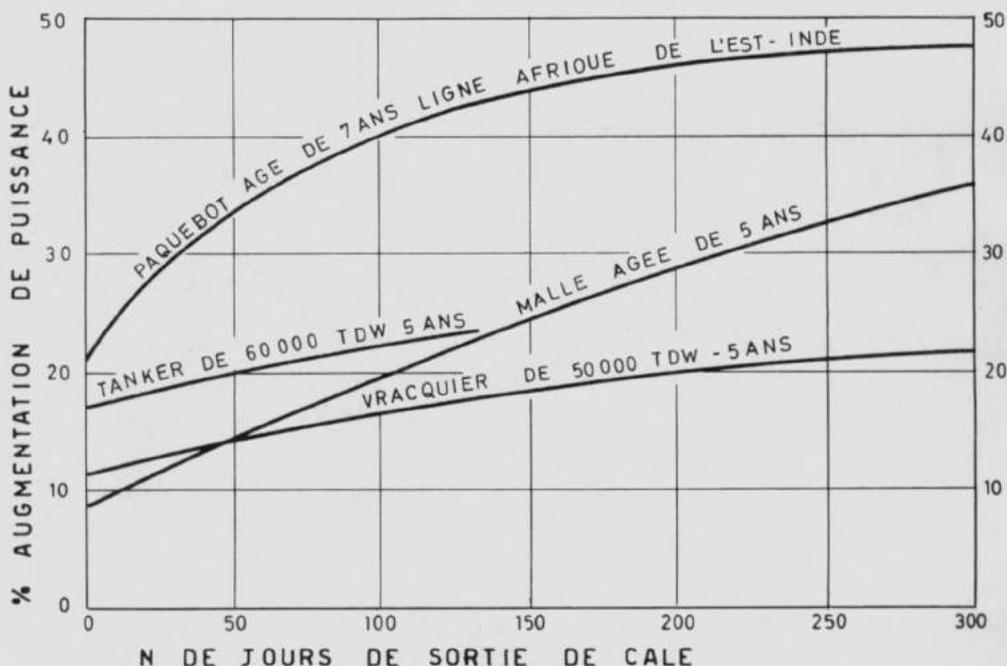


Fig. 4

La fig. 4 est reprise à la magistrale étude du professeur AERTSEN *Service-performance and trials at sea* exposée en 1969 à la douzième conférence des directeurs de bassin de carènes. Elle est éloquent.

En ordonnée, on porte le pourcentage du supplément de puissance nécessaire pour le maintien de la vitesse de quatre navires, par rapport à celle exigée lors de la mise en service; en abscisse, on indique le nombre de jours de sortie de dock depuis le dernier radoubage.

En fait, comme les formes n'ont pas changé, l'augmentation de la résistance de frottement est à l'origine de cette situation.

En pourcentage, elle a été traduite en la formule ci-dessous:

$$100 \frac{\Delta R_f}{R_f} = \frac{ad}{b+d} + \frac{d_0}{c}$$

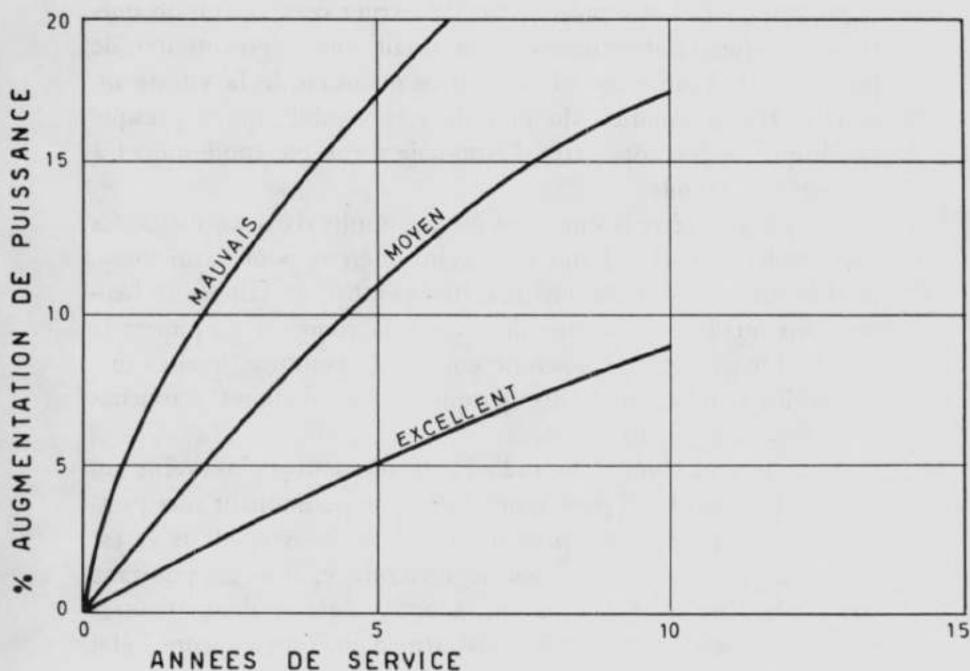


Fig. 5

Il est remarquable de constater que le coefficient de détérioration est deux fois plus élevé pour les navires ayant fait l'objet de soins particuliers. La *fig. 5*, reprise également à l'étude précitée, donne, en abscisse, le temps de service et, en ordonnée, l'augmentation de puissance due uniquement à la détérioration de la surface. Les différences sont importantes selon que le bateau, à ce point de vue, est excellent, médiocre ou mauvais.

La constance, ou quasi-constance, du coefficient c suppose que chaque radoubage ait été effectué de la même manière et avec le même soin.

Cependant AERTSSEN en 1969, comme DUFOR en 1953, fait remarquer que le grenailage de la carène, enlevant les anciennes couches de peinture et faisant sauter les salissures et les aspérités dues à la rouille, réduit la rugosité au point que le navire peut réaliser à nouveau des performances proches de celles obtenues à la mise en service.

En 1969, AERTSSEN préconisait d'effectuer cette opération onéreuse lorsque la détérioration entraînait une augmentation de puissance de l'ordre de 20 % pour le maintien de la vitesse de service. L'augmentation du prix du combustible, qui a presque quadruplé, et les impératifs d'économie d'énergie conduiraient à abaisser cette limite.

Des progrès récents ont aussi été accomplis dans les méthodes de radoubage; l'arrêt d'un navire étant onéreux pour l'armement, dans la méthode traditionnelle, cette opération se fait en 48 heures, sans qu'on ait le temps de broser la coque et de piquer la rouille. On ajoute une nouvelle couche de peinture, quelles que soient les conditions atmosphériques, avec quelques retouches partielles faites hâtivement.

Actuellement, lors d'un radoubage, on nettoye la carène au moyen d'un jet d'eau provenant d'une pompe donnant une pression de 140 kg/cm². Ce procédé donne de bons résultats et est beaucoup meilleur marché que le grenailage; il serait pourtant souhaitable qu'en Belgique on adopte, comme dans d'autres pays, une pression de 250 kg/cm² afin d'améliorer encore l'état de surface après carénage.

D'autre part, le domaine des peintures « antifouling » est généralement en pleine évolution. Autrefois, on utilisait des peintures classiques dans lesquelles on incorporait un poison sous forme de sels d'arsenic ou de cuivre; pour des raisons de pollution, ils ont été interdits.

Actuellement, quatre types de poisons sont utilisés; ceux au cuivre et dérivés cuivreux, les organo-étains, les organo-plombs et les toxiques organiques.

On les incorpore soit dans les peintures traditionnelles à base de bitume, soit dans des peintures vinyliques, soit dans des peintures au caoutchouc chloré.

Des essais en cours au port de Mombasa donnent des résultats qui laissent apparaître des différences marquées entre les échantillons, mais dont il est difficile de tirer une règle générale. L'effet des poisons n'est pas le même selon le liant dans lequel il est incorporé. Les peintures imperméables au caoutchouc chloré présentent l'inconvénient de se détacher par plaques. Avec des peintures au bitume, qui sont plus ou moins perméables, on

obtient une corrosion plus uniforme. Le poison diffuse lentement au travers de la peinture, empêchant la croissance des micro-organismes sur la carène.

Un problème d'actualité consiste à ralentir la vitesse de diffusion du poison soluble hors de la couche de peinture antifouling, afin d'augmenter la longévité de son efficacité. Certaines recherches sont entreprises pour trouver un vernis pouvant s'étendre en une mince couche poreuse au-dessus de la couche anticorrosive, afin de ralentir la diffusion des produits antifouling. Elle devrait aussi pouvoir être posée même par temps de pluie.

La mise au point d'une peinture permettant de réduire la vitesse de croissance des salissures de coque présente un intérêt économique certain. En effet, la puissance totale de la flotte belge est de l'ordre de 1 000 000 che. En supposant que la consommation spécifique du moteur Diesel soit de 153 g/ch/h et que les navires naviguent en moyenne 5 000 heures par an, la réduction de la résistance à l'avancement d'un pour cent conduirait à une économie de consommation annuelle de combustible de

$$\frac{1\ 000\ 000 \times 5\ 000 \times 0,153 \times 0,01}{1\ 000} = 7\ 650\ t$$

ou environ 15,3 millions de francs belges.

Or, il semble possible d'espérer un gain supérieur à un pour cent lorsqu'un procédé de peinture des carènes sera mis au point.

5. CONCLUSIONS

Les problèmes de la taille des navires, de leur utilisation à plein chargement, du dessin des formes adapté au service ainsi que du propulseur n'ont pas été abordés dans notre propos; il existe de nombreuses études à leur sujet.

En conclusion des trois points examinés dans cette communication, on peut dire que pour les années à venir:

1. La plupart des navires seront équipés de moteurs Diesel à haute suralimentation, car ils consomment moins que les autres moteurs de propulsion, d'autant plus que de nombreuses com-

mandes de navires de plus de 150 000 t.d.w., domaine où la turbine à vapeur se défendait, sont annulées;

2. Dans les prochaines années, la vitesse des navires sera inférieure d'environ 10 % à celle généralement adoptée avant la crise de l'énergie, d'où une réduction de consommation de l'ordre de 20 %;

3. Le domaine de la peinture des carènes constitue un champ de recherches qui pourrait conduire à des économies appréciables d'énergie. Il s'agit d'une étude complexe, mais on peut en attendre des résultats appréciables.

26 mars 1976.

BIBLIOGRAPHIE

- AERTSSEN, G.: Service - - performance and trail at sea (Ceberna, Bruxelles, 1968).
: Het historisch verband tussen voortstuwcr en machine (Communications de l'académie marine, Antwerpen, 1966, T. XVIII, p. 33-66).
JAEGER, M.: La vitesse la plus économique des navires (*Annuaire de l'UBIN*, 1930-1941, p. 53 à 69, Bruxelles, 1941).
LACKENBY, H.: Ship performance and the effect of hull surface condition (*Corrosion, prévention and control*, Vol. 91, N° 8, august 1962).
LEDERER, A.: Cours de transports maritimes (Louvain-la-Neuve, 1974).
— : Cours de chaudières, machines marines et auxiliaires (Louvain-la-Neuve, 1971).
PRINGIERS, Ch.: Quelques réflexions sur le choix de la taille et la vitesse des navires de charge (*Organisation scientifique*, 11, 1968).
TAYLOR, D.W.: The speed and power of ships (Washington, 1943).
VAN LONDEN, A.M.: A study of the importance of the ship's hull condition (Note stencylée de la firme « Hempel's Marine paints », 1973).

**Eric J. Wolanski. — Introduction to the Hydrology
of the Hawkesbury Estuary, New South Wales,
Australia**

ABSTRACT

Some of the hydrological processes in the Hawkesbury estuary, New South Wales, Australia, are described. The estuary can be divided into a saline intrusion region and, further upstream, a freshwater region. Under dry weather conditions, the saline intrusion region is sectionally well-mixed. Density currents are generated by the longitudinal gradient in salinity. Tidal influence is felt 140 km from the river mouth where, under dry weather condition, the tide curve is 180 degree out-of-phase with the ocean tide curve. Both the mean cross-sectional area and the peak tidal discharge decrease exponentially with increasing distance from the river mouth. Under wet weather conditions, the estuary is strongly stratified in the saline intrusion region where a thin freshwater lens is formed at the free surface. This lens is composed of "new" runoff water and floats passively over the underlying layer of "old" saline estuarine water.

* * *

RÉSUMÉ

L'Auteur décrit différentes études qui ont été entreprises dans l'estuaire du fleuve Hawkesbury; il est urgent d'envisager le maintien de la qualité des eaux, car on estime que dans les vingt-cinq années à venir la population riveraine va quintupler.

Les eaux salées envahissent la section aval de l'estuaire, tandis que les eaux restent douces dans la section d'amont.

Lors de la saison sèche, dans la section d'aval, les eaux douces se mélangent à l'eau salée et, à 140 km de l'embouchure, la

courbe des marées est dépassée de 180° par rapport à celle de l'Océan. En saison des pluies, il existe des couches d'eau stratifiées et les apports d'eau fraîche forme une couche mince qui flotte sur les anciennes couches d'eau saumâtre.

* * *

SAMENVATTING

De Auteur beschrijft verschillende studies die ondernomen werden in de Hawkesburystroom; het is een dringende opgave de mogelijkheden te onderzoeken om de kwaliteit van het water te waarborgen, want men verwacht dat in de komende vijfentwintig jaar de aldaar wonende bevolking zal vervijfdubbelen.

Het zout water stroomt de benedenloop van de monding binnen, terwijl stroomopwaarts het water zoet blijft.

Tijdens het droog seizoen mengen zich in de benedenloop zout en zoet water, en op 140 km van de monding wordt de vloedlijn met 180° overschreden, vergeleken met deze van de Oceaan. In het regenseizoen zijn er gestratificeerde waterlagen, en de aanvoer van fris water vormt een dunne laag die drijft op de andere lagen van zout water.

* * *

1. INTRODUCTION

A large fraction of the Hawkesbury-Nepean river basin, shown in *fig. 1*, is composed of very rugged and mountainous terrain that is usually forested. Man-made activities are restricted mostly to the valley around Sydney. As a result, man-made pressure on water quality is restricted principally to the Hawkesbury estuary and to the Nepean river below Camden. Measures for the preservation of these water resources against needless deterioration and neglect must be based on a sound understanding of the hydrological, physical and chemical processes that, together with man-made inputs, determine water quality. In what follows, some of these hydrological processes

REFERENCE



MAJOR URBAN AREAS.



RUGGED AREAS (SLOPE > 15 DEGREES)
PRINCIPALLY FORESTED.



CATCHMENT BOUNDARY.

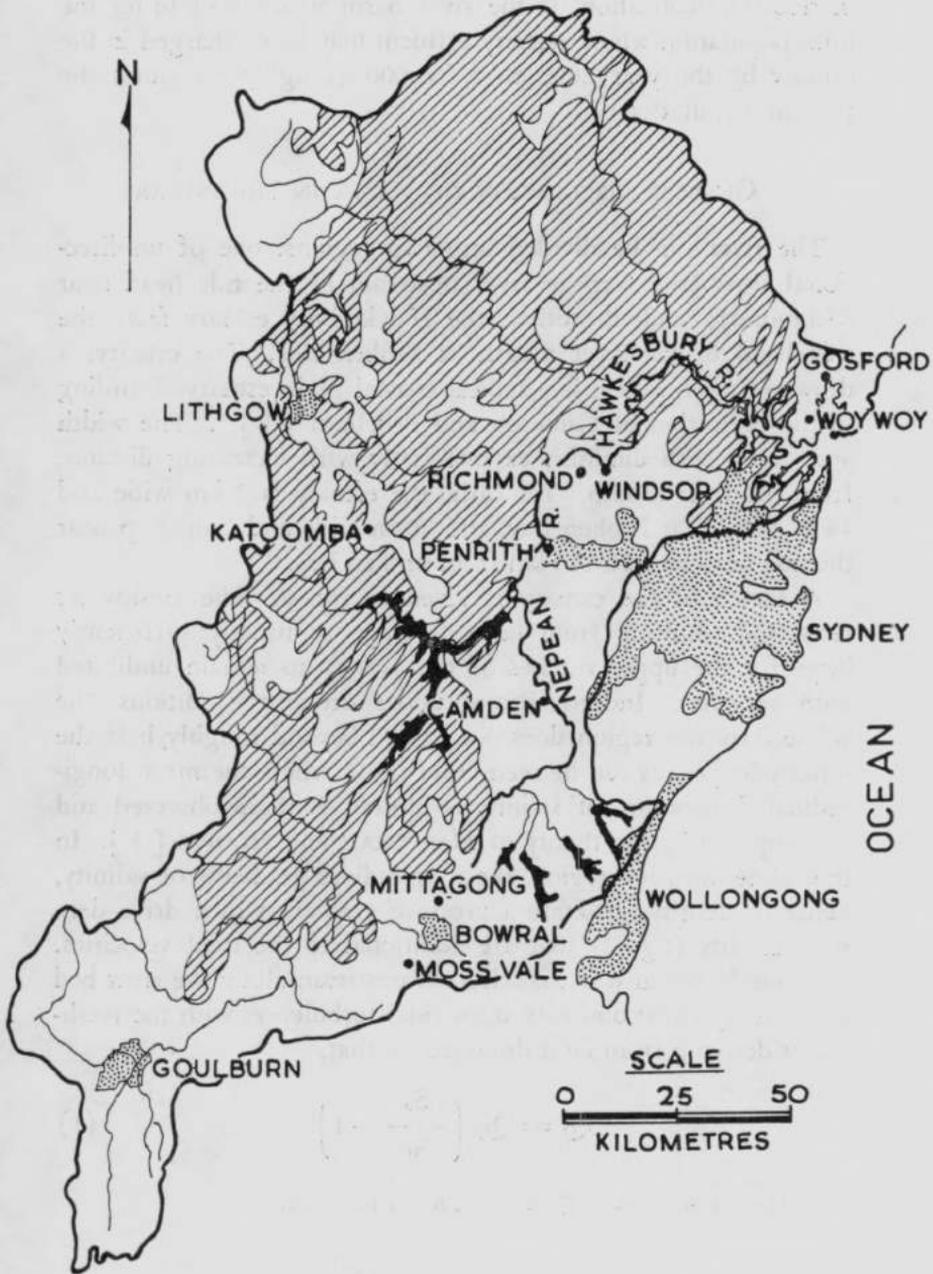


Fig. 1 — The Hawkesbury-Nepean river basin.

are described. This present study, together with the results of biological and chemical investigations, can assist in refining a water quality management plan that is necessary in view of the increased urbanization of the river basin which will bring the total population whose tertiary effluent may be discharged in the estuary by the year 2000 to 1 150 000 (roughly six times the present population).

2. GENERAL CIRCULATION OF WATER IN THE ESTUARY

The river can be divided into two regions: one of unidirectional flow (the Nepean river upstream of the tide head near Richmond); and, the other, the Hawkesbury estuary from the tide head to the river mouth at Broken Bay. The estuary, a drowned river valley, is a typical coastal plain estuary according to the definition of Cameron and Pritchard [1]*. The width and depth both diminish exponentially with increasing distance from the river mouth. Typically, the estuary is 2 km wide and 14 m deep near Broken Bay, and 70 m wide and 2 m deep near the tide head located 140 km from Broken Bay.

A sketch of the estuary is given in *fig. 2*. The freshwater flow, Q_t , resulting from land drainage, is usually sufficiently large for the upper reaches of the estuary to remain undiluted with seawater. Indeed, except under drought conditions, the saline intrusion region does not extend beyond roughly half the estuary length, as can be seen from *fig. 3* where the mean longitudinal distribution of salinity is plotted, both as observed and as computed by the theory of HARLEMAN and HOOPES [3]. In the saline intrusion region, the longitudinal gradients of salinity, hence of density, generate a pressure gradient which drive density currents (*fig. 2*) that are additional to the tidal velocities. As a result, ocean water is advected upstream along the river bed at a rate Q_1 to become mixed, by tidal turbulence, with the freshwater deriving from land drainage, so that,

$$Q_1 = Q_t \left(\frac{S_0}{S_1} - 1 \right) \quad (1)$$

* The numbers between [] refer to the notes *in fine*.

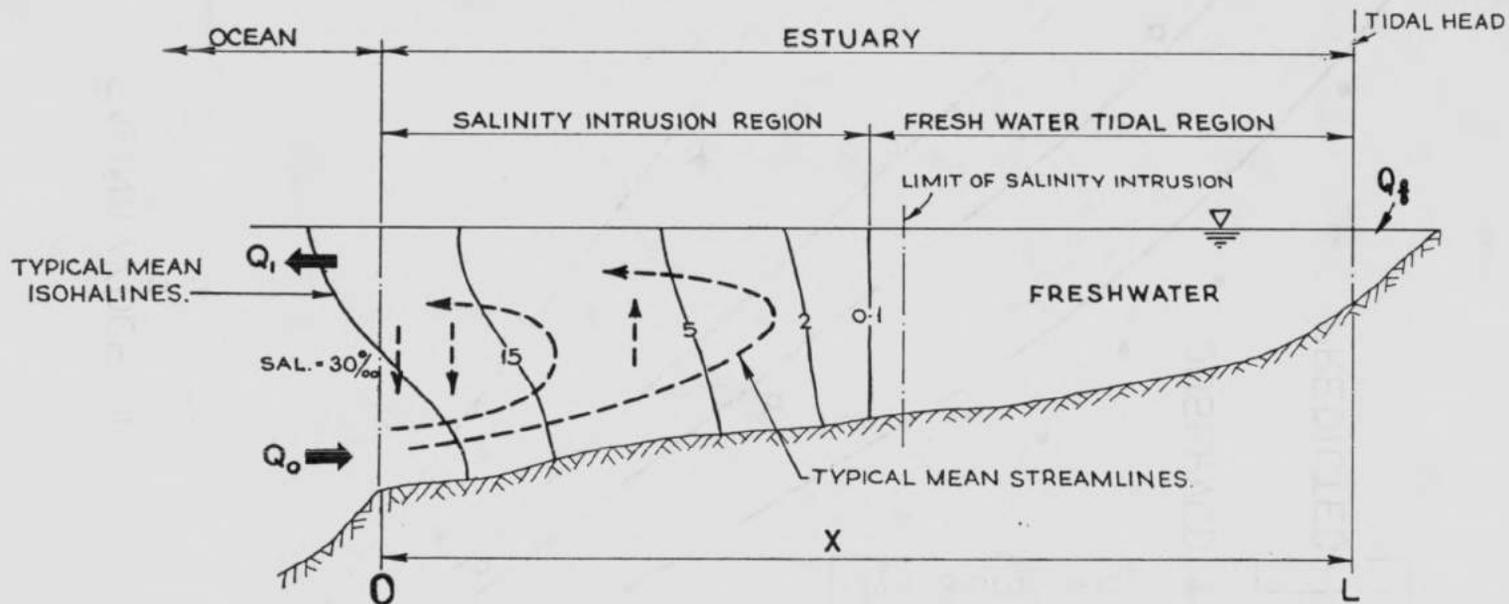


Fig. 2 — A sketch of the estuary.

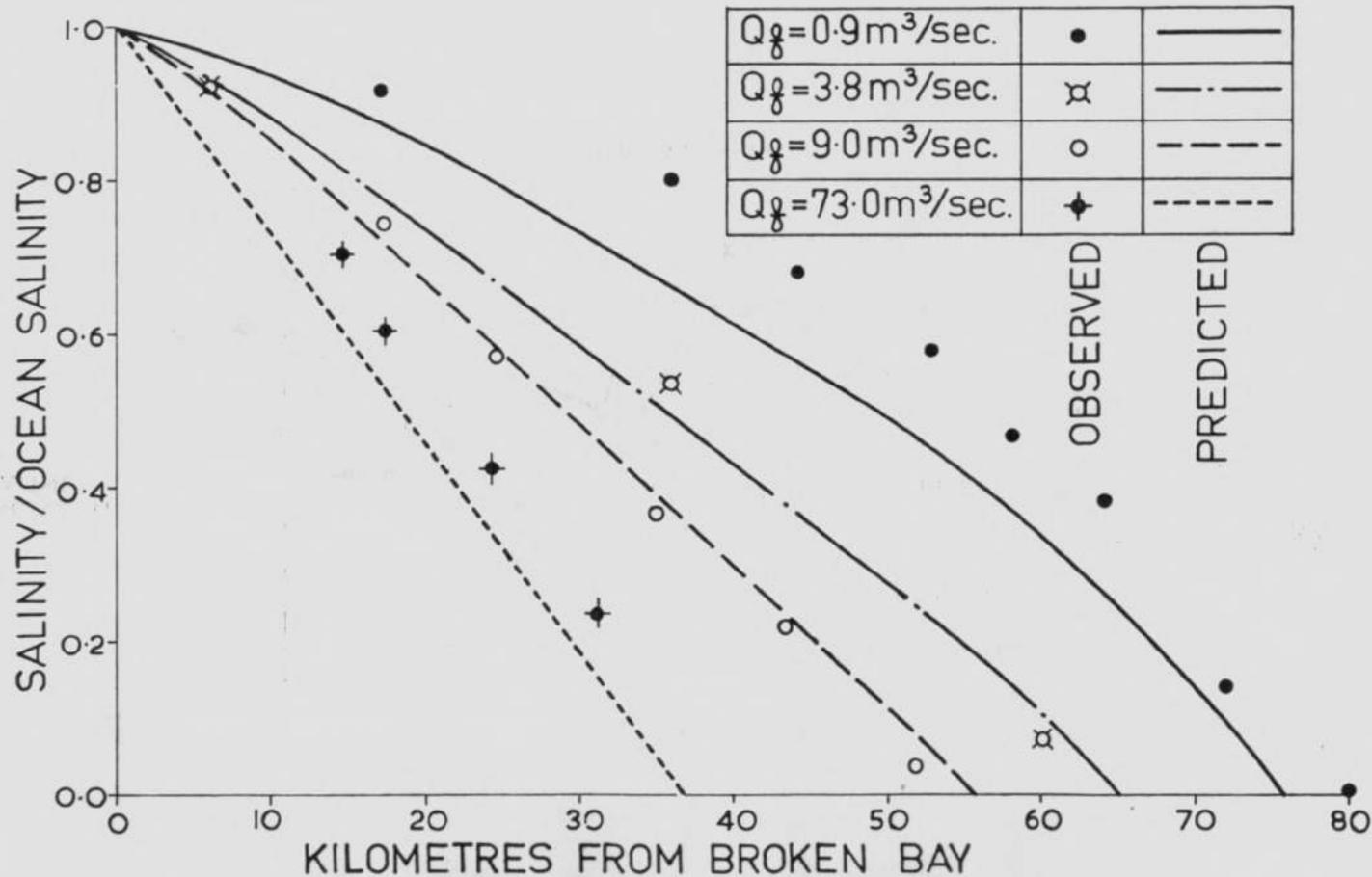


Fig. 3 — Comparison between computed and observed mean longitudinal salinity profiles.

where S_1 is the salinity at the surface at the river mouth and S_0 is the ocean salinity. For instance, when $S_1 = 3.2 ‰$, and $S_0 = 3.4 ‰$ (as is observed under typical dry weather conditions), the flow rate Q_1 of intruding saline water is sixteen times larger than the freshwater flow rate Q_f .

3. WET WEATHER CONDITIONS IN THE SALINE INTRUSION REGION

Periods of several weeks without rain are often experienced during which the freshwater flow rate Q_f is controlled by the discharge from five water storage dams and by groundwater base flow. These dry weather conditions are sandwiched between short-lived but intense storms. The contributions to Q_f then arise from surface runoff and channel precipitation. As a result, precipitation usually results in a sudden injection, in the estuary, of a large amount of freshwater which, when it reaches the saline intrusion region, spreads as a thin surface lens at the surface. A sharp halocline, progressively eroded by tidal turbulence, is formed separating the surface plume of "new" runoff water from the "old" underlying saline estuarine waters. At least during the initial periods of large flow rates (and especially so when the river is in flood), the tidal reversals of velocities are restricted to the bottom saline waters. The flow direction in the upper layer is always seaward although its magnitude fluctuates with the direction of the tidal velocities in the underlying saline layer. Near Broken Bay, the estuary width (2 km) is sufficient for lateral inhomogeneities to occur. Indeed, as can be seen from *fig. 4*, the isohalines are then observed to laterally deviate from the horizontal, apparently in relation with the longitudinal velocity field. This observation can be explained in terms of geostrophic effects (i.e. due to the earth rotation) or of banking effects (that pile mass differentially across the width of a curved jet). This phenomenon results in a cyclonic circulation which however is restricted to Broken Bay. For smaller values of freshwater flowrates (e.g., at the tail end of a flood), the interfacial stress between the two layers is sufficiently large to stop the seaward movement of water in the upper layer during periods

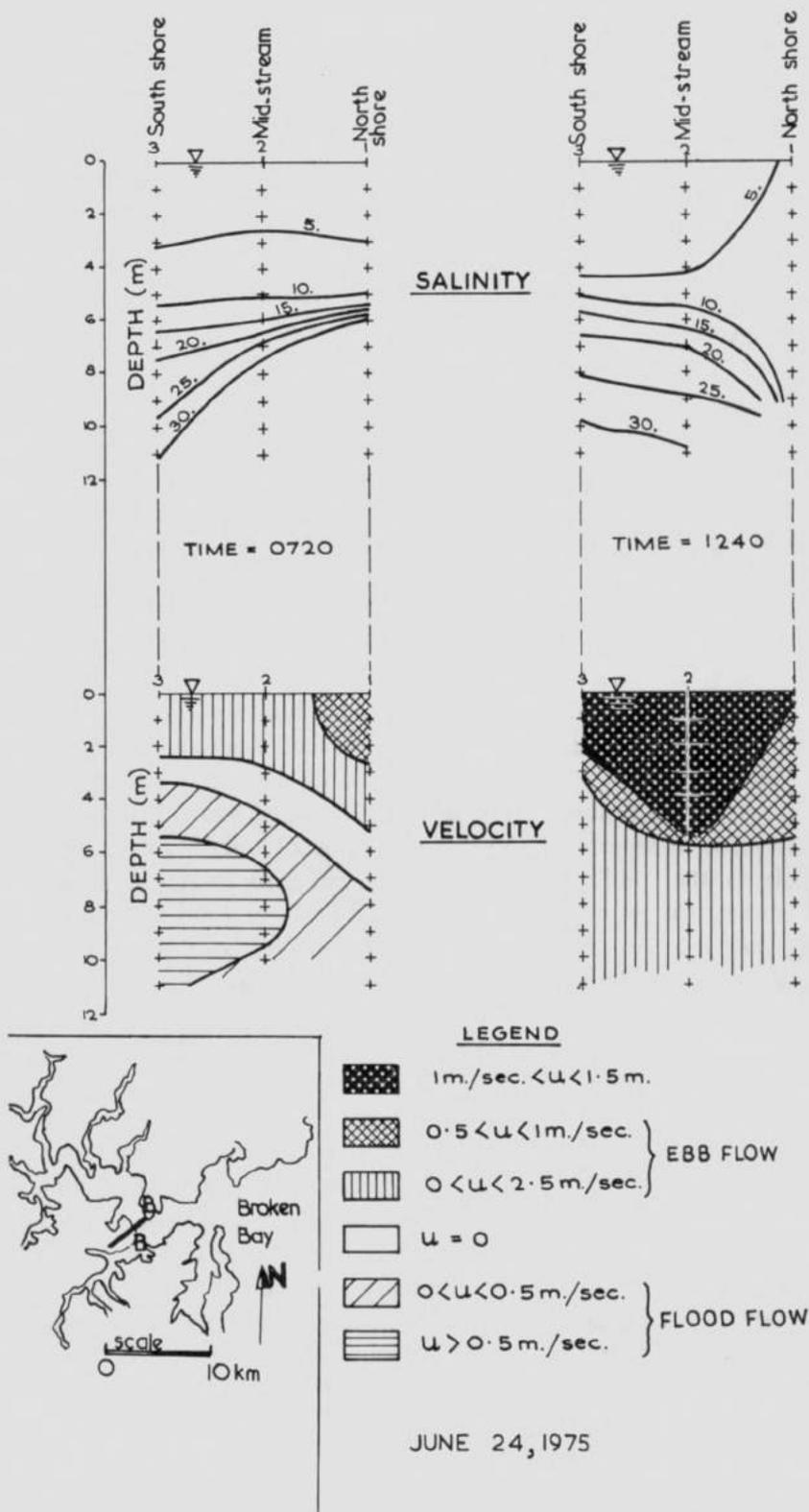


Fig. 4 — Isohalines (in parts per thousand) and isotachs of longitudinal velocity across section BB (shown in the inset) on June 24, 1975, when the river was in flood.

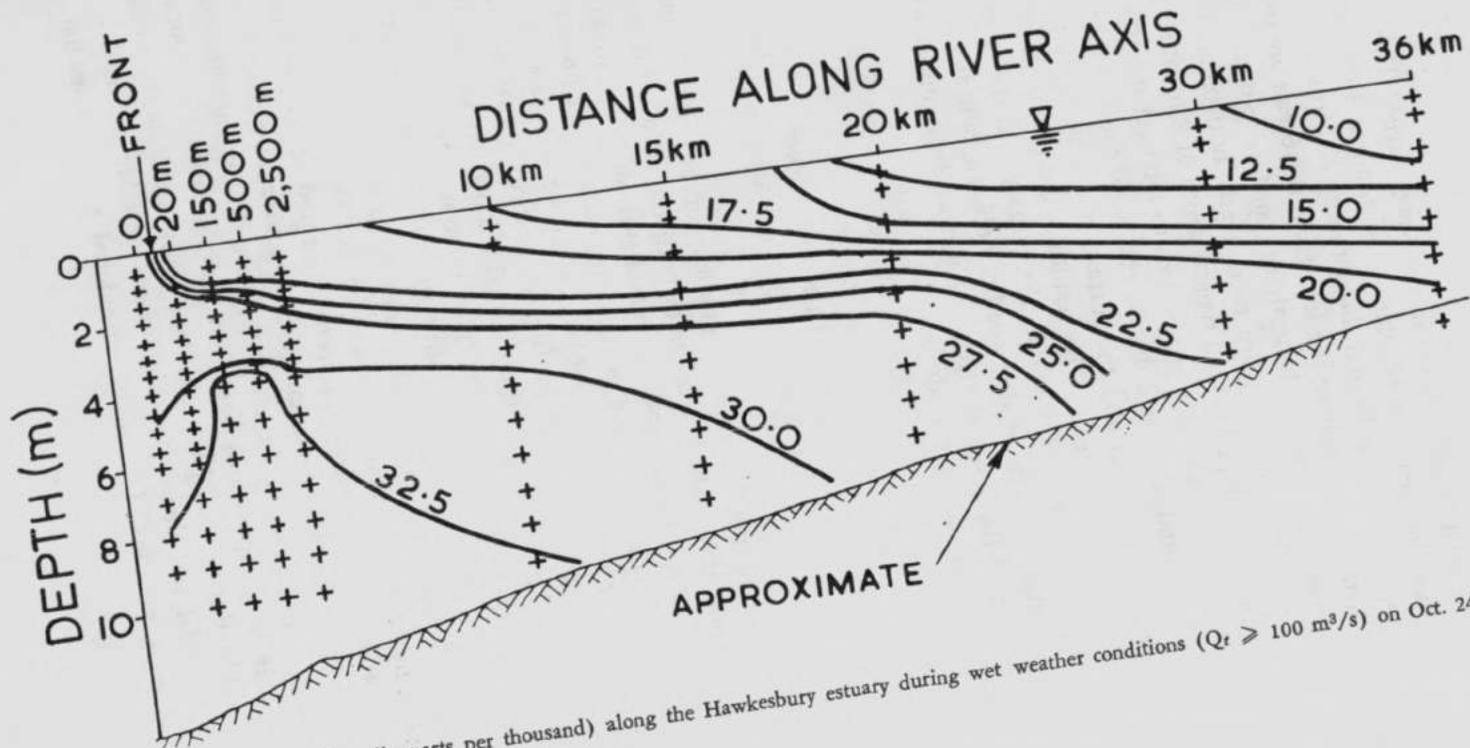


Fig. 5 — Mid-stream isohalines (in parts per thousand) along the Hawkesbury estuary during wet weather conditions ($Q_r \geq 100 \text{ m}^3/\text{s}$) on Oct. 24, 1974.

of tidal flood currents in the lower layer. The surface layer is then blocked and becomes a motionless floating lens. At its leading edge, a frontal discontinuity is formed. Saltwater flood currents approaching the lens from the ocean are observed to be pressed downwards beneath the surface plume. As shown in *fig. 5*, the isohalines are then nearly horizontal inland of the front, then sloped from a typical depth of 2 m either downwards diffusing in saltwater or upwards to intersect the free surface on a horizontal scale of 2 m. At ebb tides, the surface currents are oriented seawards and the surface plume is hence progressively flushed to the ocean. The resulting short time of residence of wet-weather runoff water in the estuary and the prevalence of prolonged periods of dry weather between rainfalls justifies the neglect of the residual effects of wet-weather runoff when considering dry weather conditions.

4. DRY-WEATHER CONDITIONS IN THE SALINE INTRUSION REGION

Driven by the longitudinal gradients in salinity, an internal circulation exists which accelerates both the seaward movement of water at the surface and the inland flow of saline water near the bottom (*fig. 2*). These density currents are very pronounced in the lower reaches of the estuary as can be seen from *fig. 6a* where are plotted vertical profiles of velocity measured every hour at mid-stream at a station located 6 km from Broken Bay. It is apparent that, after a tidal cycle, there is a net inflow near the bottom and a net outflow near the surface. These density currents become negligible when compared to the tidal velocities as one moves further upstream as can be seen from *fig. 6b* where are plotted hourly profiles of velocity measured at 60 km from Broken Bay. The density currents are, of course, non-existent in the freshwater section of the estuary. These density currents are amendable to computations based on the similarity techniques proposed by FISHER *et al* [2]. As the estuary is sectionally well mixed by tidal turbulence, the coefficients of eddy diffusivity, K , and eddy viscosity, D , can be considered to be somewhat

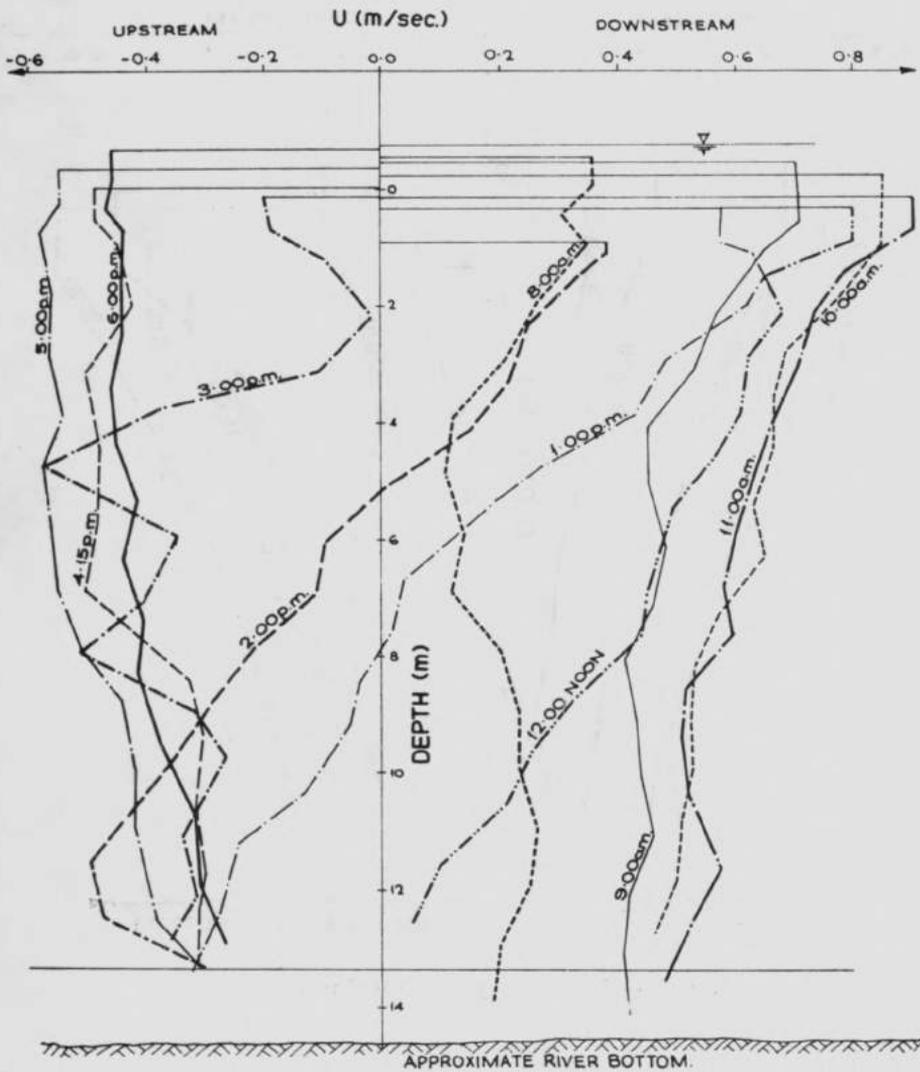


Fig. 6a — Hourly distribution of longitudinal velocity at mid-stream, Km 6 from Broken Bay, during dry weather conditions ($Q_T = 3.8 \text{ m}^3/\text{s}$) on Nov. 26, 1974.

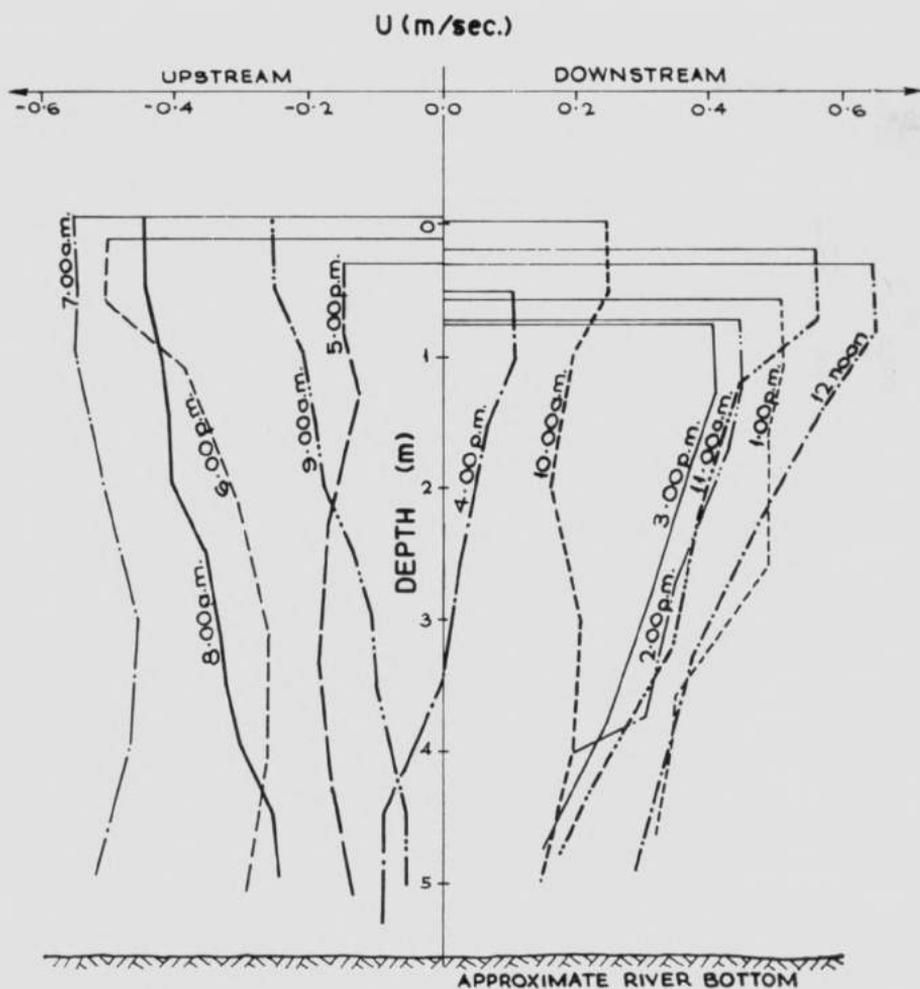


Fig. 6b — Same as in fig. 6a, but at Km 60.

independent of height, z . The predicted and observed tidal-averaged longitudinal distribution of salinity, shown in fig. 7a, and the predicted and observed vertical profiles of mean longitudinal velocity (at Km 6) (Fig. 7b) compare favourably with each other.

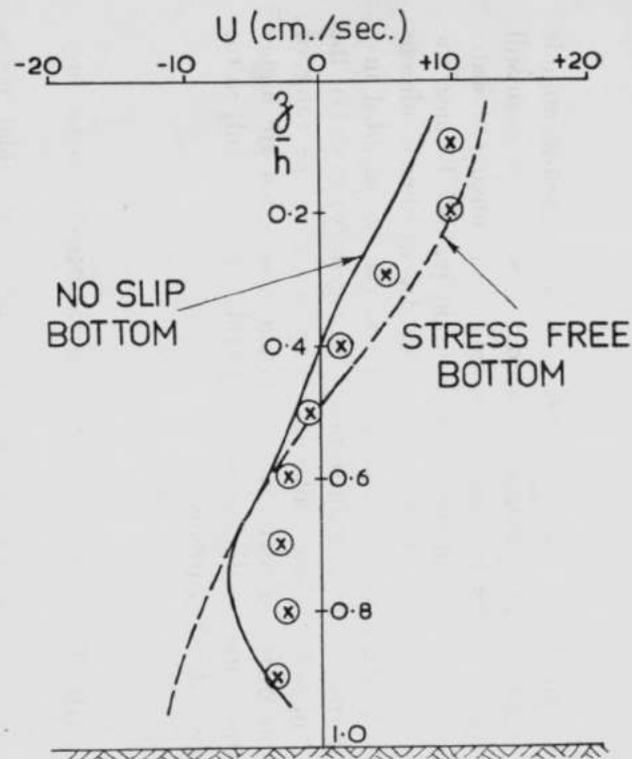
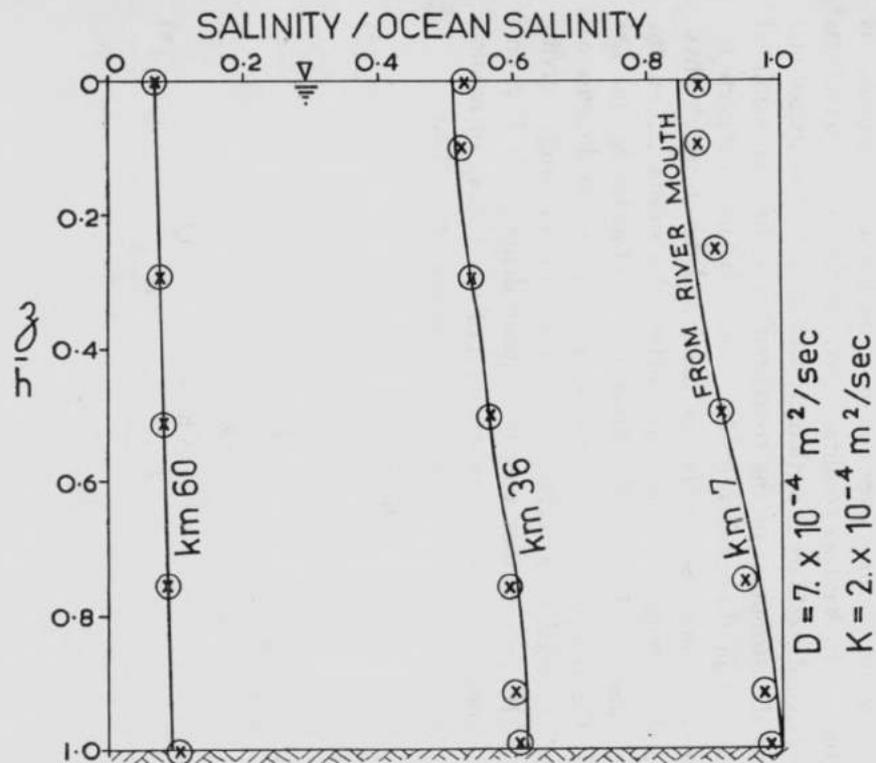


Fig. 7a — Computed and observed mean salinity distribution for dry weather conditions ($Q_r = 3.8 \text{ m}^3/\text{s}$).

Fig. 7b — Computed and observed mean horizontal velocity at Km 6 from Broken Bay for dry weather conditions ($Q_r = 3.8 \text{ m}^3/\text{s}$).

Although these density currents are one order-of-magnitude smaller than the instantaneous peak tidal velocities, they can still be important in determining the movement and mixing of water borne contaminants in the saline-intrusion region. Because the estuary is sectionally well mixed under dry weather conditions (*fig. 7a*), the internal circulation effects can be included in a one-dimensional (assuming sectional homogeneity) model of the spread of water borne contaminants by increasing the value of the eddy diffusion coefficient to certain values that are higher than their corresponding values due to tidal velocities only in the absence of density currents.

5. TIDAL HYDRODYNAMICS AND CONTAMINANTS DISPERSION

A one-dimensional approach to the study of the tidal hydrodynamics and of the movement of water borne contaminants is justified in dry weather conditions because the field observations reveal that the estuary is sectionally well-mixed. The spatial and temporal distribution of the concentration, c , of a contaminant introduced in the estuary results from a balance between the hydrological processes on the one hand, and the chemical, physical and biological reactions that affect the substance, on the other hand. Following the procedure of HARLEMAN and LEE [4], the complex natural geometry is, in a one-dimensional model, reduced to a rectangular channel of uniformly varying width, B , and bottom elevation above datum, z_0 . The one-dimensional equations of conservation of water mass, of momentum, and of conservation of a water borne contaminant are

$$B \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0, \quad (2)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial (Q^2/A)}{\partial x} + gA \frac{\partial D}{\partial x} + g \frac{Ah}{2\rho} \frac{\partial \rho}{\partial x} + g \frac{Q|Q|}{A C_h^2 R} = 0, \quad (3)$$

$$\frac{1}{A} \frac{\partial (c A)}{\partial t} + \frac{1}{A} \frac{\partial (Q c)}{\partial x} = \frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x} \left(E A \frac{\partial c}{\partial x} \right) + \Delta. \quad (4)$$

In these equations, t is the time, x is the longitudinal river axis oriented seaward, $\eta(x, t)$ is the elevation of the water surface above mean sea level, $D(x, t)$ is the height of the water surface above datum, $h(x, t)$ is the water depth, $Q(x, t)$ is the instantaneous flow rate, $R(x, t)$ is the hydraulic radius, $\rho(x)$ is the density (determined by salinity), $C_h(x, t)$ is the Chezy coefficient, $A(x, t)$ is the cross-sectional area (equal to the depth times the width), g is the acceleration due to gravity, c is the concentration of a water quality variable (e.g., biological oxygen demand, dissolved oxygen, phosphorus,...), $E(x)$ is the apparent longitudinal diffusion coefficient, and $\Delta(x, t, c)$ is the physical, chemical and biological source (sink) of the water quality variable. Harleman (in Tracor [9]) assumed that, in the fresh-water region, longitudinal mixing is due primarily to the tidal velocities, and proposed the semi-empirical equation,

$$E = 0.3 n U_{\max} R^{5/6}, \quad (5)$$

where E is expressed in sq.mile/day, n is the Manning roughness coefficient, U_{\max} is the maximum tidal velocity in ft/s, and R is the hydraulic radius in ft. On the other hand, both the tidal velocities and the density currents contribute to the diffusion processes in the salinity intrusion region where the value of the eddy diffusion coefficient can be determined from measurements of the longitudinal distribution of salinity $S(x)$, because,

$$E(x) = \frac{Q_r S}{A \frac{dS}{dx}} \quad (6)$$

Since previous studies of American estuaries have shown that the tidal translation of the salinity distribution (hence of ρ and E) are of little importance in the overall hydrodynamic and diffusive processes (HARLEMAN, in Tracor [9]), only the mean observed longitudinal salinity profile is required as an input.

Equations (2) and (3) can be solved numerically around the lattice of grid points shown in *fig. 8*. Prototype and model data for the temporal distribution of the free surface elevation at different locations along the estuary compare well with each other as can be seen from *fig. 9*. The tide curve is progressively distorted from a sinusoidal shape at the river mouth to a non-sinusoidal curve at Windsor where the falling tide lasts two hours than the rising tide, and where the tide is approximately 180° out of phase with the ocean tide curve. The maximum tidal flow rate diminishes quasi-exponentially with increasing distance from Broken Bay. Indeed, its value is equal to approximately $3\,000\text{ m}^3/\text{s}$ at the river mouth and only $80\text{ m}^3/\text{s}$, or so, at Windsor. This latter value is between one two orders of magnitude larger than the typical dry-weather freshwater flow rate.

The knowledge of the temporal variation of A and Q enables the solution of equation (4) once the contaminant's sinks and sources are known and once the value of the return coefficient, δ , is determined. By definition, the return coefficient is equal to the fraction of estuarine water released to the ocean at ebb tides that return to the estuary at flood tides. This coefficient was measured in the field both by using freshwater as a tracer, following the technique proposed by PRITCHARD [6], and by the study of the trajectories of current drogues released at the centre of the river mouth during ebb tide. None of these drogues returned in the estuary at the next flood tide. It can then be concluded that the return coefficient is very small (≤ 0.05), a consequence of the strong longshore currents off the New South Wales coast. Hence, it is assumed in the model that the contaminant concentration at the river mouth is, at flood tide, equal to 5% of its value at the previous ebb tide.

As an example, we computed the temporal and longitudinal distribution of the concentration of a conservative contaminant discharged in the upper section ($i=1$) from an arbitrary time t_0 and at a continuous rate W . The resulting build-up in the concentration of the contaminant until quasi-steady-state conditions prevail, is shown in *fig. 10*, for the upper section ($i=1$) and for the section ($i=10$) located 70 km downstream. It is apparent that the residence time and the final concentration of a

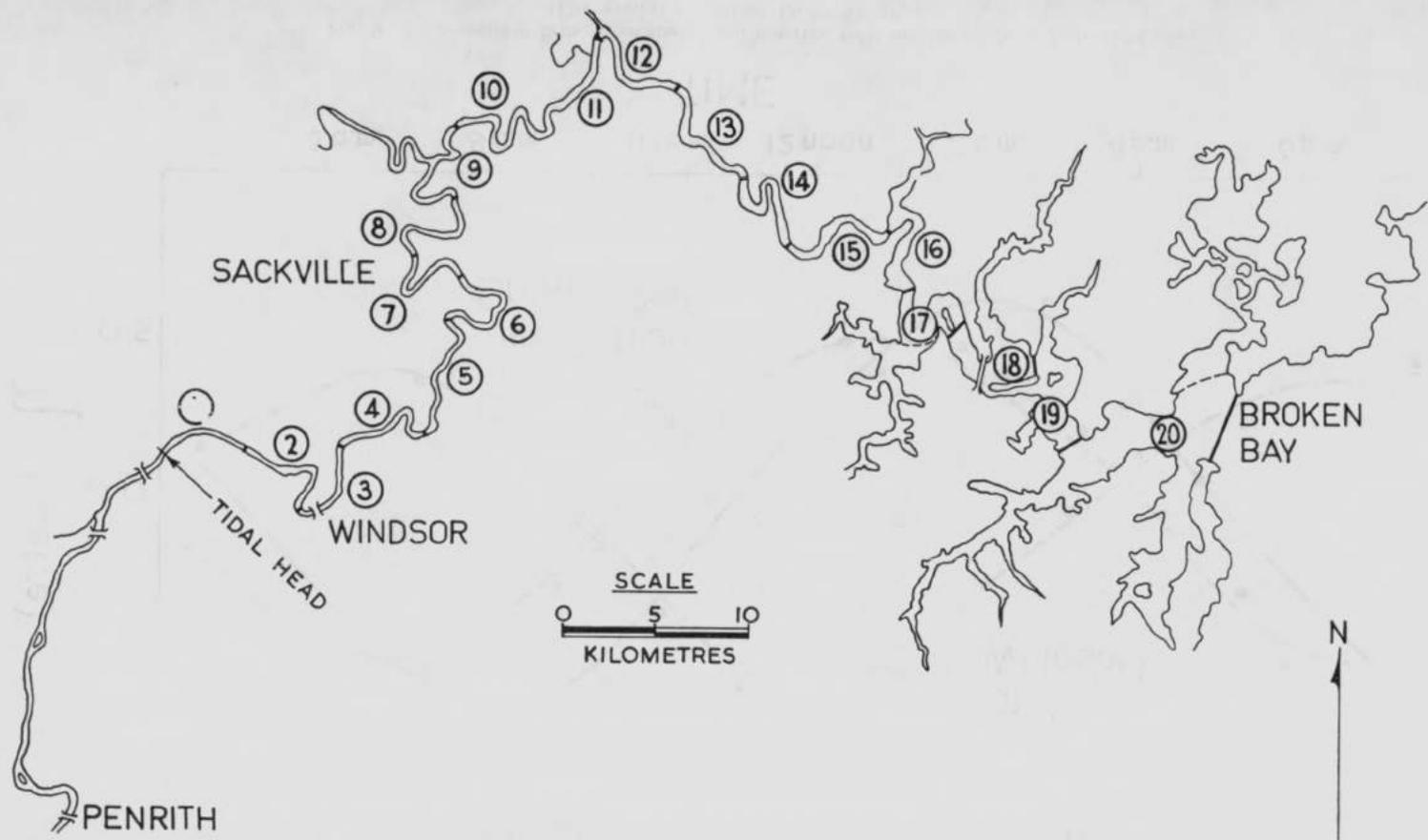


Fig. 8 — Segmentation of the Hawkesbury estuary.

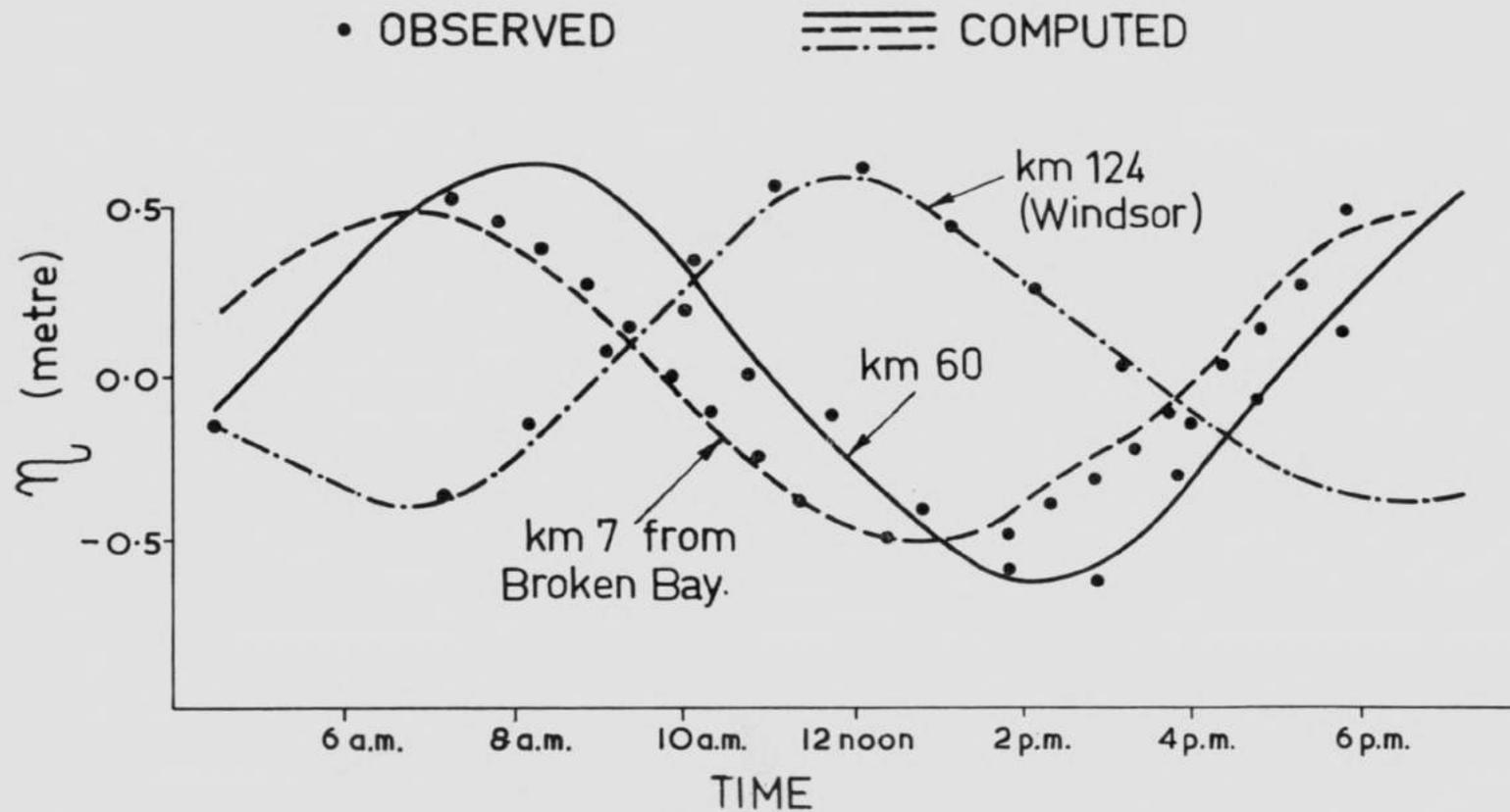


Fig. 9 — Comparison between computed and observed tidal heights on Nov. 26th, 1974.
 (Dry weather conditions, $Q_t = 3.8 \text{ m}^3/\text{s}$).

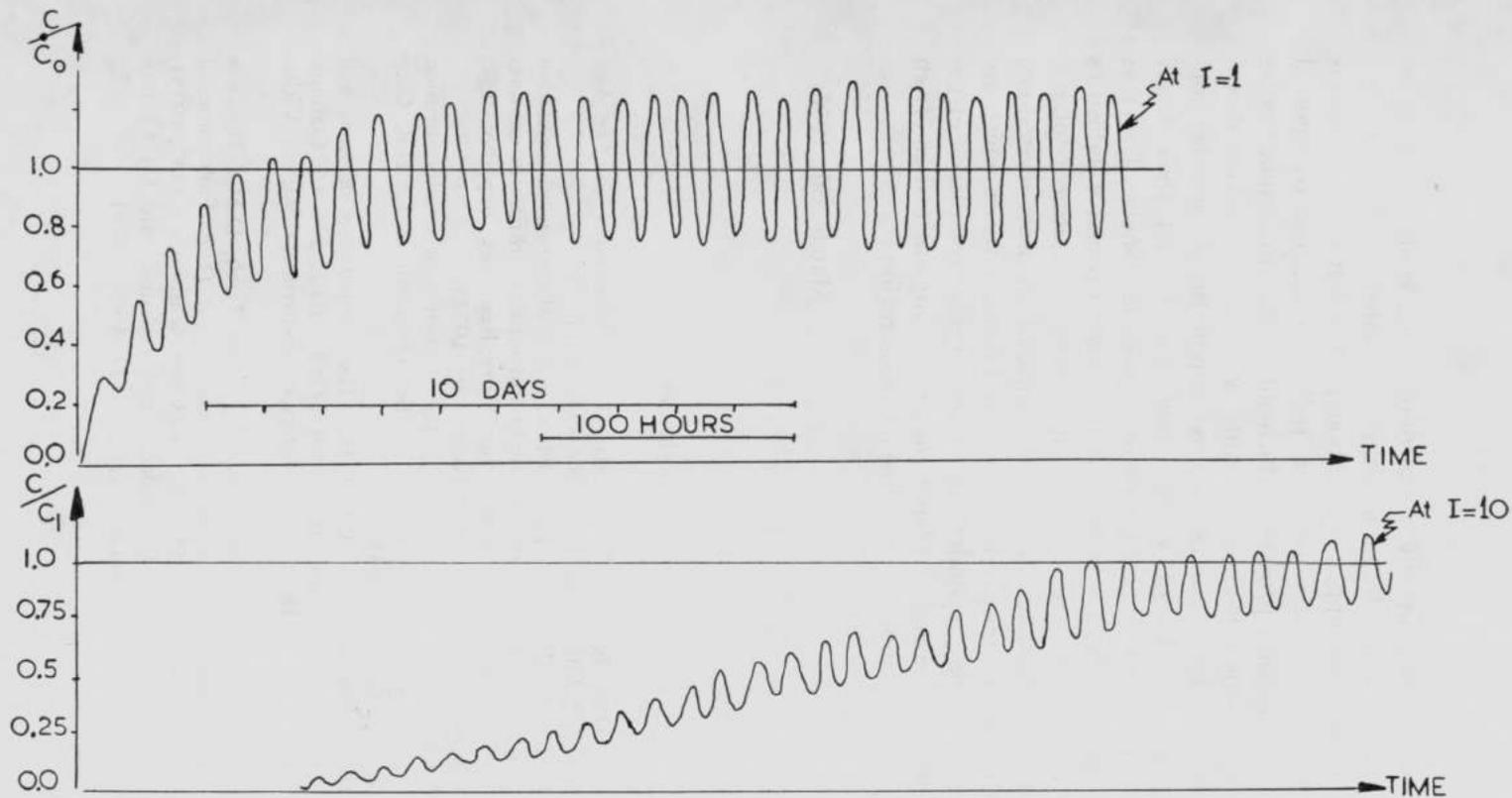


Fig. 10 — Build-up of contaminant concentration (in arbitrary units) at sections $i = 1$ and $i = 10$ (See fig. 8) resulting from a continuous discharge of the contaminant at $i = 1$. ($Q_r = 10 \text{ m}^3/\text{s}$).

contaminant is primarily a function of the contaminant inflow rate, of the source location within the system, and of Q_r (but only in the three uppermost sections). The latter observation is due to the fact that water-borne pollutants are also transported by tidal diffusion processes which dilute the contaminant mass into increasing masses of receiving water as one moves downstream. The model can be used to compute the dry weather concentration profiles of various contaminants and their likely effects on water quality (assuming first-order kinetics [5]) as a result of discharges from sand and gravel extractive industries and present and future municipal sewage treatment plants. These concentrations can also be compared, in order to evaluate their likely influence, with background concentrations which are function of the preponderance of soil organic complexes in the freshwater zone and of planktonic detrital organic matter (from mangroves swamps) in the saline intrusion region [7, 8].

March 26th, 1976.

REFERENCES

- [1] CAMERON, W.M. - PRITCHARD, D.W.: Estuaries (in *The Sea*, Vol. 2, Interscience Publ., 306-324, 1963).
- [2] FISHER, J. - DITMARS, J.D. - IPPEN, A.T.: Mathematical simulation of tidal time averages of salinity and velocity profiles in estuaries (R.M. Parsons Laboratory for Water Resources, Rep. No. 152, Massachusetts Institute of Technology, 1972).
- [3] HARLEMAN, D. - HOOPES, J.A.: The prediction of salinity intrusion changes in partially mixed estuaries (Proceedings I.A.H.R. Congress, London, 1963).
- [4] HARLEMAN, D.R.F. - LEE, C.H.: The computation of tides and currents in estuaries and canals (*Techn. Bull.*, No. 16, Committee on Tidal Hydraulics, Waterways Experiment Station, Vicksburg, Mississippi, 1969).
- [5] O'CONNOR, D.J. - THOMANN, R.V. - DI TORO, D.M.: *Dynamic water quality forecasting and management* (U.S. Environmental Protection Agency, EPA-660/3-73-009, Washington, D.C., 1973).
- [6] PRITCHARD, D.W.: Salt balance and exchange rate for Chincoteague Bay (*Chesapeake Science*, 1 (1), 48-57, 1960).

- [7] ROCHFORD, D.J.: Studies in Australian estuarine hydrology, 1: Introductory and comparative features (*Australian J. Marine Freshwater Res.*, 2, 1-116, 1951).
- [8] SCHOLER, H.A.: Geomorphology of New South Wales coastal rivers (Water Resources Laboratory, Rep. No. 113, University of New South Wales, 1974).
- [9] TRACOR Inc.: Estuarine modelling, An assessment (Water Quality Office, U.S. Environmental Protection Agency, 16070 DZV 02/71, Washington, D.C., 1971).

INHOUDSTAFEL — TABLE DES MATIERES

Zittingen der Klassen	Séances des Classes
Morele en Politieke Wetenschappen — <i>Sciences morales et politiques</i>	
20.1.1976	76; 77
16.3.1976	102; 103
Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen — <i>Sciences naturelles et médicales</i>	
27.1.1976	108; 109
23.3.1976	138; 139
Technische Wetenschappen — <i>Sciences techniques</i>	
30.1.1976	184; 185
26.3.1976	200; 201

* * *

Bestuurscommissie (vervanging van de H. N. DE CLEENE door de H. J. JACOBS)	78
Comité secret	79; 111; 187
Commission administrative (Remplacement de M. N. DE CLEENE par M. J. JACOBS)	79
Communications et notes:	
CALEMBERT, L.: Le CEDEV de l'Université de Liège	200; 201; 204-213
DE ROSENBAUM, G.: Ligne à courant continu d'Inga à Kolwezi (Shaba)	184; 185; 188-199
EVENS, F.: The treatment of waste water and the rehabilitation of rivers and lakes by the « Phallus Process »	110; 111; 112-136
FIERENS, P.: Thermoluminescence et flottation de la calcite	202; 203
HOGÉ, E.: Mission géographique au Kenya dans le Great Rift Valley et à l'est du Kilimanjaro ...	138; 139

II

HOMÈS, M. - VAN SCHOOR, G.: Etudes complémentaires sur la fumure du maïs en Afrique centrale	140; 141; 167-183
HUYBRECHTS, A.: Intervention concernant le mémoire de R. Yakemtchouk: « La convention de Lomé »	102; 103; 104
JACOBS, J.: Voorstellen van het werk van Nye-me Tese: « Munga, éthique en un milieu africain »	78; 79; 97-100
LEDERER, A.: Réflexions sur l'économie d'énergie dans les transports maritimes	200; 201; 214-234
OPSOMER, J.-E.: Sur quelques herbiers du XVIIe siècle conservés à la Bibliothèque royale Albert Ier	138; 139; 142-166
ROCHER, L.: The Ezourvedam and Christian Proselytism in India	76; 77; 80-83
RUBBENS, A.: Présente l'ouvrage de J. Thomas: « Le droit de l'entreprise en Tunisie »	102; 103; 105-106
SOKAL, R.: L'hydroélectricité	184; 185
VANDERLINDEN, J.: La révolution éthiopienne - Premier bilan	78; 79; 84-96
VAN SCHOOR, G.: Cf. HOMÈS, M.	
VIS, H.: Situation nutritionnelle en Afrique centrale interlacustre. Le problème démographique	108; 109
WOLANSKI, E.: Introduction to the hydrology of the Hawkesbury estuary, New south Wales, Australia	202; 203; 235-255
Concours annuel 1978	141; 203
Elections:	
BARTHOLOMÉ, P. (titulaire)	187
BENOIT, P. (titelvoerend)	110
BERNARD, E. (titulaire)	111
DE MURALT, A. (correspondant)	111
DONIS, C. (titulaire)	111
DUCHESNE, A. (titulaire)	79
FIERENS, P. (titulaire)	187
GILLON, L. (titulaire)	187
HENDRICKX, F. (titulaire)	111
HÖGE, A.-R. (correspondant)	111
POLL, M. (titulaire)	111

III

PRIGOGINE, A. (titulaire)	187
TROCHAIN, J.-L. (correspondant)	111
VANDERLINDEN, J. (titulaire)	79
Geheim comité	78; 110; 186
Mededelingen en nota's: Cf. Communications et notes	
Mémoire (Présentation):	
YAKEMTCHOUK, R.: La convention de Lomé — Nouvelles formes de coopération après Yaoundé II	102; 103; 104
Secrétaire perpétuel (Election)	77
Vaste Secretaris (Verkiezing)	76
Verhandeling (Voorstelling): Cf. Mémoire	
Verkiezingen: Cf. Elections	
Vice-Directeurs 1976:	
1re Classe: HARROY, J.-P.	79
2e Classe: DE ROSENBAUM, G. (en remplacement de M. J. LAMOEN)	187
Wedstrijd (Jaarlijkse) 1978	140; 202

Académie, rue Defacqz 1, B-1050 Bruxelles (Belgique)
Academie, Defacqzstraat 1, B-1050 Brussel (België)