



**BULLETIN DES SEANCES
MEDEDELINGEN DER ZITTINGEN**

47 (4)

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

Sous la Haute Protection du Roi

**KONINKLIJKE ACADEMIE
VOOR OVERZEESSE WETENSCHAPPEN**

Onder de Hoge Bescherming van de Koning

AVIS AUX AUTEURS

L'Académie publie les études dont la valeur scientifique a été reconnue par la Classe intéressée.

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

Les manuscrits doivent être adressés au secrétariat, rue Defacqz 1 boîte 3, 1000 Bruxelles. Ils seront conformes aux instructions aux auteurs pour la présentation des manuscrits dont le tirage à part peut être obtenu au secrétariat sur simple demande.

Les textes publiés par l'Académie n'engagent que la responsabilité de leurs auteurs.

BERICHT AAN DE AUTEURS

De Academie geeft de studies uit waarvan de wetenschappelijke waarde door de betrokken Klasse erkend werd.

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

De manuscripten dienen gestuurd te worden naar het secretariaat, Defacqzstraat 1 bus 3, 1000 Brussel. Ze moeten conform zijn aan de aanwijzingen aan de auteurs voor het voorstellen van de manuscripten. Overdrukken hiervan kunnen op eenvoudige aanvraag bij het secretariaat bekomen worden.

De teksten door de Academie gepubliceerd verbinden slechts de verantwoordelijkheid van hun auteurs.

© Royal Academy of Overseas Sciences. All rights reserved.

Abonnement 2001 (4 numéros — 4 nummers) : 65,7 €

rue Defacqz 1 boîte 3
B-1000 Bruxelles (Belgique)

Defacqzstraat 1 bus 3
B-1000 Brussel (België)



**BULLETIN DES SEANCES
MEDEDELINGEN DER ZITTINGEN**

47 (4)

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

Sous la Haute Protection du Roi

**KONINKLIJKE ACADEMIE
VOOR OVERZEESSE WETENSCHAPPEN**

Onder de Hoge Bescherming van de Koning

COMMUNICATIONS SCIENTIFIQUES

WETENSCHAPPELIJKE MEDEDELINGEN

Séance plénière du 18 octobre 2001

Plenaire zitting van 18 oktober 2001

Le renouveau des technologies traditionnelles

par

Francis THIRION*

MOTS-CLES. — Production ; Environnement ; Technologie ; Economie ; Energie ; Co-produits.

RESUME. — L'industrie, qui développe ses activités par le traitement des ressources naturelles, doit depuis plusieurs années faire face à des contraintes environnementales, économiques, financières et politiques. Ces pressions ont conduit les industriels à améliorer leurs technologies et, en fait, à délocaliser les activités de base vers les centres d'exploitation de gisements. Aujourd'hui, une gestion technique associative des coûts énergétiques, de l'environnement, des besoins de nouvelles ressources minières, permet d'envisager des technologies performantes depuis l'exploitation des minerais jusqu'à la production des produits finis. Par ces traitements, on peut envisager une valorisation très large des co-produits avec des caractéristiques physicochimiques et des coûts très attractifs. Dans le cas particulier de l'acide phosphorique, les technologies de production à titre élevé et haut rendement assurent une valorisation du sulfate de calcium et de l'acide fluosilicique. Par la suite, des activités nouvelles se développeront, les déchets et la consommation énergétique seront fortement réduits. Les productions étant de qualité, la valeur ajoutée de l'activité industrielle se verra fortement renforcée. En conclusion, les entreprises doivent stimuler leur potentiel de croissance en combinant connaissances, audace, talent et moyens.

TREFWOORDEN. — Productie ; Milieu ; Technologie ; Economie ; Energie ; Gezamenlijke producten.

SAMENVATTING. — *De heropleving van de traditionele technologieën.* — De industrie, die haar activiteiten ontwikkelt door de behandeling van natuurlijke hulpmiddelen, moet sinds meerdere jaren het hoofd bieden aan hindernissen op milieu-, economisch, financieel en politiek vlak. Deze spanningen hebben de industriëlen ertoe gebracht hun technologieën te verbeteren, en hun basisactiviteiten te verplaatsen naar liggingsexploitatiecentra. Vandaag staat een meer technisch beheer, bondgenoot van krachtige kosten, van de omgeving, van de behoeften aan nieuwe mijnhulpmiddelen, toe prestatiegerichte technologieën te overwegen, vanaf de exploitatie van erts tot aan de productie van eindproducten. Door deze behandelingen kan men een zeer ruime waardering tegemoet zien van bijproducten met fysisch-chemische kenmerken en aantrekkelijke kosten. In het

* Vice-Directeur de la Classe des Sciences techniques.

specifieke geval van fosforzuur, verzekeren de productietechnologieën met hoge aanspraak en hoge opbrengst een valorisatie van calciumsulfaat en kiezelzuurfluoride. Op die manier zullen zich nieuwe activiteiten ontwikkelen ; afval en energieverbruik zullen sterk verminderd worden. Daar de producten van goede kwaliteit zijn, zal de toegevoegde waarde van de industriële activiteiten zich krachtig versterkt zien. Als besluit kunnen we stellen dat de ondernemingen het groeipotentieel moeten stimuleren door kennis, durf, talent en middelen te verenigen.

KEYWORDS. — Production ; Environment ; Technology ; Economy ; Energy ; Associated Products.

SUMMARY. — *The Renewal of Traditional Technology.* — Industry, which expands its activities through the treatment of natural resources, has for several years now been confronted with environmental, economic, financial and political constraints. These pressures have led industrialists to improve their technology by displacing their base activities towards the centres where their deposits are exploited. Nowadays, more technically-based management, associated with energy costs, environmental factors and the need for new mining resources, may lead to consider high-performance technology from ore exploitation up to the manufacturing of finished products. Through such treatment one can envisage a major improvement in value of associated products with physico-chemical characteristics at attractive prices. In the particular case of phosphoric acid, production technology with high concentrations and good returns can guarantee the valorization of calcium sulphate and fluosilicic acid. This will lead later to the development of new activities and will considerably reduce amounts of waste and energy consumption. Productions being of quality, the added value of the industrial activity will be strongly reinforced. In conclusion, enterprises should stimulate their growth potential by combining their means of production with knowledge, talent and audacity.

1. Introduction

Si, durant des décennies, les industries se sont occupées de produire sans trop se soucier de leurs déchets, les années 1980 ont engendré un énorme bouleversement des mœurs suite à la naissance et au développement de mouvements écologistes en tous genres. Cette prise de conscience environnementaliste, relayée par les pouvoirs politiques, s'est traduite dans les faits par une évolution en deux temps. Dans un premier temps, les mesures répressives ont forcé les industriels à contrôler leurs effluents, tant du point de vue de leur nature que de leur quantité. Ce faisant, ces industriels ont réalisé dans un second temps que toute pollution est synonyme d'échec technologique puisqu'elle représente une perte de matière première nécessairement coûteuse. En modifiant à l'intérieur même de l'usine les processus de fabrication, ils arrivent ainsi à limiter la pollution à la source, à récupérer des éléments qui, de prime abord, n'apparaissent pas valorisables et à réintroduire certains déchets en amont dans la chaîne de fabrication. Ainsi, beaucoup de sous-produits souvent considérés comme déchets peuvent devenir commercialisables au prix de quelques aménagements.

Outre les difficultés d'ordre purement technique engendrées par la nature complexe et la grande variabilité des minerais dans les procédés de valorisation de leurs concentrés, l'industrie chimique doit, depuis plusieurs années, faire face à des contraintes environnementales de plus en plus sévères, tant au niveau de ses produits qu'à celui des effluents et sous-produits solides et liquides. Ces pressions environnementales, ainsi que le souci d'amélioration des rendements globaux et des économies d'énergie, ont conduit ces industries à la valorisation de sous-produits longtemps considérés comme des rejets de la fabrication. Il s'agit de la récupération et de la rentabilisation, mais aussi et surtout de la valorisation de nouvelles ressources.

La production subit également cette confrontation qui ne fait que s'accroître depuis quelques années en présence des métaux indésirables, soit pour des raisons spécifiques aux produits finis, soit pour les risques de toxicité [1] * qu'ils pourraient présenter : citons notamment les métaux lourds.

Pour que le processus industriel reste rentable ou pour que le produit final reste de bonne qualité, des contraintes « techniques » sont exprimées en parties par millions (ppm) ou en pourcentage. Ces limites sont spécifiques à chaque produit, que ce soit au niveau belge ou au niveau européen, bien que le besoin du législateur existe. Il n'y pas encore de normes bien précises quant à fixer une teneur maximale des contaminants qui présentent un risque ; tout au plus trouve-t-on quelques recommandations.

L'identification et la caractérisation des phases porteuses des éléments contaminants critiques au sein des concentrés, nous incitent à remonter la filière des concentrés et à voir si des améliorations quant à leur pureté ne peuvent pas être obtenues dès l'exploitation minière ainsi que lors des procédés de concentration des minerais. Les critères et les contraintes de l'exploitant minier ne sont, en effet, pas toujours au diapason des exigences des producteurs.

Un concentré ne peut, à lui seul, remplir l'entièreté des exigences. Les technologies de fabrication et de traitement des productions termineront la réduction de l'impact des différentes phases contaminantes des minerais.

Ainsi, le processus industriel doit envisager les réponses aux problèmes des contaminations de certains éléments dans le minerai à la fois au sein du gisement, au sein du concentré ainsi qu'au sein des technologies « propres » de production et de traitement des productions de qualité avec le souci d'élargissement des possibilités de valorisation des sous-produits.

Ces exigences de production laissent prévoir le rapprochement des secteurs d'activité du produit au secteur minier. L'intégration industrielle, à tous les niveaux, permet de répondre aux nécessités des qualités de production et d'environnement. Le fait d'être à la fois *Mineur et Producteur* permet de repenser le schéma de production.

* Le chiffre entre crochets renvoie à la note p. 436.

Ainsi, de nouveaux gisements peuvent être exploités dans de bonnes conditions de rentabilité. Pour nous, producteurs européens, l'investissement en commun avec le mineur d'outre-mer est l'assurance d'une politique industrielle à long terme, entre pays d'un même continent ou de continents différents. Cette politique garantira l'activité et l'économie des industries au sens le plus large, c'est-à-dire stables et durables.

Finalement, que voulons-nous ? L'industrie doit guérir l'environnement de ses problèmes. C'est une opération toujours ambitieuse au cours de laquelle les producteurs industriels et les chercheurs expliqueront pourquoi ils ont l'audace d'y croire.

Croire en l'avènement de traitements issus des progrès de la technologie, en quelque sorte, l'utilisation de méthodes de travail et d'équipements propres à tous les niveaux de l'élaboration du produit recherché, est une thérapie qui pourrait s'avérer la solution à une grande partie des difficultés, mais également dans certains cas à l'innovation de technologies nouvelles. L'intégration industrielle à tous les niveaux en est une voie.

L'annonce récemment faite par le P.D.G. d'Alcatel de créer une «entreprise sans usine» était quelque peu provocante, mais elle est dans la logique de la «nouvelle économie» où la valeur ajoutée glisse de la production vers la conception et la création.

Cet événement montre que Marx n'est pas mort malgré l'échec aveuglant de toutes les tentatives en vue de la mise en pratique de ses théories. On ne s'y arrêterait pas si de telles conceptions n'étaient pas partagées par un nombre croissant de spécialistes qui alimentent le mauvais procès que l'on fait à la mondialisation et au capitalisme.

Ceux qui organisent la production et la financent, de même que ceux qui commercialisent les produits, n'étaient dans la conception marxiste que des parasites confisquant aux travailleurs le produit de leur activité. Or, c'est précisément cette erreur qui a conduit à la ruine les pays qui ont fondé sur le marxisme l'organisation de leurs économies.

Dans une économie de pénurie, l'essentiel de la valeur ajoutée se trouve, en effet, du côté de la production car, grâce à la rareté des biens, ceux-ci sont assurés de trouver sur le marché une demande correspondante. Dans les économies industrielles caractérisées par l'abondance (même si des poches de pauvreté y subsistent hélas), le vrai problème pour les entreprises n'est pas tellement de produire, mais bien de vendre. La valeur ajoutée se déplace vers les activités de création et de marketing.

Une entreprise performante dans la conception ne l'est pas nécessairement dans la fabrication ou n'a tout simplement pas la dimension suffisante pour produire à des conditions concurrentielles. Cela n'implique nullement qu'il existe a priori une domination des uns par les autres. Tantôt, ce sont les concepteurs qui dominent — ils peuvent alors imposer leurs conditions. Tantôt, ce sont les fabricants. D'ailleurs, les entreprises spécialisées dans la fabrication sont de plus en

plus sophistiquées, mettent en œuvre des technologies de pointe et font appel à des spécialistes de plus en plus pointus.

L'économie est un moyen et non une fin. Le capitalisme a hélas souvent tendance à l'oublier.

2. Les technologies propres

Technologies d'aujourd'hui et de demain sont liées.

Pollution atmosphérique, gestion des déchets, économie d'énergie,... : l'entreprise est confrontée régulièrement à des problématiques environnementales très différentes. De plus, dans notre pays, le principe du «pollueur-payeur» est clairement d'application. Aussi, une meilleure connaissance des technologies respectueuses de l'environnement est indispensable pour nous permettre de meilleurs investissements et, par conséquent, un gain d'argent.

Les technologies propres abordent un vaste éventail de technologies existantes ou en cours de développement.

A titre d'exemples concrets, nous allons examiner trois sources naturelles importantes dans notre vie active de tous les jours, à savoir :

- L'eau ;
- Les énergies ;
- Le P_2O_5 , l'acide phosphorique, le phosphore et ses co-produits.

2.1. HISTOIRES D'EAU ... POTABLE

Il y a mille façons de boire, mais il n'existe que trois origines au liquide.

Aujourd'hui, le surpeuplement et les industries rendent indispensables le recensement, la protection et la bonne utilisation des ressources aquifères.

Ces eaux sont de trois types :

- Les eaux de distribution ;
- Les eaux de sources ;
- Les eaux minérales naturelles.

La réserve aquifère est toujours entourée d'un périmètre de protection.

Ce précieux trésor évolue entre l'atmosphère, la terre et le sous-sol. Ce cycle naturel dure depuis plus de 3,5 milliards d'années.

L'eau que nous consommons est extraite, pour une grande part, du sous-sol, dans les nappes aquifères. La surexploitation humaine, pour les besoins des industries et des ménages, n'est pas la seule menace pesant sur ces réservoirs d'eau douce. L'autre grand risque, c'est la pollution.

Epurier les eaux usées et les assainir, rendre l'eau potable, une activité devenue essentielle pour la protection de l'environnement et la santé humaine. Ce travail a pris une énorme importance ces dernières décennies. L'épuration des eaux usées s'effectue avant leur rejet dans le milieu naturel.

«L'eau qui coûte n'est pas celle qui coule du robinet (potabilisation) mais celle qui va à l'évier (épuration)».

2.2. L'ENERGIE : ECONOMIE ET PERSPECTIVES ENERGETIQUES

La nature a mis des centaines de millions d'années à fabriquer des ressources minérales (charbon, pétrole, gaz naturel, ...) que les nations industrialisées sont prêtes à consommer en à peine trois ou quatre siècles, la durée d'un éclair à l'échelle des temps géologiques. Pour fabriquer des biens durables ? Non, dans une très large mesure pour les brûler ! Ceci appelle évidemment un certain nombre de questions dont les plus importantes sont :

- Est-ce une attitude respectueuse de la qualité de l'environnement ?
- Est-ce l'utilisation la plus judicieuse de ces ressources qui, une fois épuisées, seront perdues à tout jamais ?
- Est-ce moralement défendable vis-à-vis des générations futures ?

2.2.1. L'effet de serre

En ce qui concerne la première de ces questions, la réponse est connue et s'appelle : pollution, déchets, gaz à effet de serre, etc.

Voici douze ans, on suspectait que les activités humaines (industrielles et autres) étaient en train de réchauffer la planète. Aujourd'hui, on ne suspecte plus, on «sait» qu'on va tout droit à la *catastrophe climatique*.

Le réchauffement s'accélère. D'ici cent ans, selon toute probabilité, la température globale aura augmenté de 1,4 °C (prévision optimiste) à 5,8 °C (calcul pessimiste). La fonte des eaux entraînera une élévation du niveau océanique d'environ 50 cm, de quoi noyer de vastes régions de Hollande, du Bangladesh, d'Egypte, de Floride, du Texas, du Japon, ... et de Camargue. Les fluctuations climatiques vont s'intensifier, avec une fréquence accrue de catastrophes naturelles. Pis encore, la pompe du *Gulf Stream* risque de se détraquer.

En cent cinquante ans, la combustion des énergies fossiles (charbon, lignite, pétrole, etc.) et le massacre des grandes forêts ont augmenté de 30 % le taux de dioxyde de carbone (CO₂) de l'atmosphère terrestre. D'autre part, la poussée démographique, avec l'intensification de l'agriculture et de l'élevage, a augmenté de 145 % la concentration de méthane. En ce laps de temps, nous avons rajouté autant de gaz «à effet de serre» que la nature en plusieurs milliers d'années.

L'énergie la moins chère est celle que l'on ne consomme pas ...

Les alternatives : éoliennes, solaires, géothermiques, nucléaires et les piles à combustible (hydrogène) nous fournissent de l'énergie sans rejet de CO₂. Il faut développer ces moyens. De nombreuses technologies, massivement mises en œuvre, devraient nous permettre de consommer moins d'énergie, de réduire les émissions de méthane, de récupérer et «stocker» le CO₂ des émissions.

L'énergie est un domaine complexe dans lequel entrent des facteurs scientifiques, économiques, politiques et environnementaux. Il n'y a pas de solution

universelle à l'approvisionnement souhaitable hormis la satisfaction que chaque besoin soit l'objet d'une optimisation en fonction des ressources disponibles, de leur prix et de leur impact sur l'environnement. Diversifier les sources contribue par ailleurs à assurer une certaine stabilité des prix ainsi qu'une sécurité d'approvisionnement.

En plus de celles qui sont actuellement accessibles, un certain nombre de sources d'énergie peuvent être imaginées pour le long terme, à commencer par la fusion thermonucléaire contrôlée. D'autres pourraient devenir exploitables un jour, alors qu'aujourd'hui elles sont toujours très éloignées de la rentabilité économique, comme l'énergie des vagues ou celle tirée de la différence de température entre la surface et les profondeurs de l'océan.

Sans conteste, le point faible actuel du domaine de l'énergie est le «stockage» de grande capacité. Aujourd'hui, il consiste à faire remonter l'eau dans les barages !

2.2.2. *L'avenir du nucléaire*

En toute logique, les tenants de la pensée écologique et tiers-mondiste devraient être des partisans (résignés, j'en conviens ...) du nucléaire pour plusieurs raisons :

- L'énergie nucléaire permet de préserver des ressources naturelles qui n'existent qu'en quantités limitées : on ne peut rien faire d'autre avec l'uranium que le brûler, sauf peut-être colorer du verre.
- Elle est économe : on obtient «beaucoup» en brûlant peu.
- Elle est «renouvelable», donc abondante. Grâce à la filière des surgénérateurs ou aux systèmes couplés accélérateur-source de fission, on peut fabriquer plus de combustible qu'on en brûle.
- Elle n'a pas (ou peu) d'incidence sur le climat ; pas d'émission de gaz à effet de serre sauf à comptabiliser l'énergie primaire classique de remplacement éventuel : les pays «nucléarisés» sont les plus performants de ce point de vue.
- Elle n'entraîne pas une immobilisation outrancière du sol, comme le ferait par exemple une utilisation massive des énergies renouvelables (biomasse, éolienne, ...). Pour fixer les idées, rappelons qu'il y a quelques années, la construction d'une centrale de 1 000 MW en énergie éolienne aurait immobilisé (totalement) le tiers de la province du Brabant.
- Elle produit une quantité très limitée de déchets par kWh. Il est vrai que la question des déchets nucléaires est extrêmement délicate et controversée.
- Pour laisser aux générations futures (au-delà de l'an 2500) la jouissance de ressources naturelles à des fins industrielles plus nobles que la combustion, l'énergie nucléaire offre une solution parmi d'autres permettant aux nations industrialisées de garder leur niveau de vie sans affecter outre mesure la qualité de l'environnement. La réalité montre que l'écologie politique est l'ennemie acharnée du nucléaire et se préoccupe de sa seule disparition. Son

but est un changement radical de société par une réduction drastique de la consommation d'énergie, l'énergie nucléaire ayant ses problèmes comme les déchets radioactifs, etc.

- Le problème est plus moral (c.-à-d. éthique, donc politique) que technique. L'avenir du nucléaire dans les perspectives politiques actuelles ne peut être que sombre. Néanmoins, les raisons qui militent en sa faveur restent intactes...

2.3. LE P_2O_5 , L'ACIDE PHOSPHORIQUE ET SES CO-PRODUITS

La production de l'acide phosphorique à partir de phosphates naturels, présente un bel exemple de cette évolution et propose aujourd'hui sur le marché ses deux sous-produits : le fluor sous forme d'acide fluosilicique qu'il valorise sous forme de sels fluorés et le sulfate de calcium sous ses différentes formes cristallines.

Malheureusement, la valorisation de l'acide phosphorique et de ses sous-produits se heurte à des limites d'éléments divers exprimés que l'industrie veut valoriser.

Suite à cette évolution, il y a reconsidération de la filière phosphate. Les exigences des producteurs d'acide phosphorique sont de plus en plus pointues quant à la qualité et à la pureté des concentrés de phosphate de calcium.

Les procédés pour la fabrication industrielle de l'acide phosphorique qui nous sont offerts sont nombreux. Le procédé par lixiviation à l'acide sulfurique choisi pour la production ainsi que ses circuits doivent être adaptés, en tout cas convertibles, le cas échéant, à la nature et la pureté du sulfate de calcium requis et à la technologie d'absorption du fluor avec la production de solution d'acide fluosilicique concentré.

Nous ne pouvons en aucun cas négliger l'importance du phosphate à consommer : son choix, son conditionnement et le processus de solubilisation du P_2O_5 avec les étapes des phases de cristallisation du sulfate de calcium requises pour le traitement des acides.

Si la production d'acide phosphorique n'est plus un problème de procédé, on peut traiter les minerais de phosphate selon les technologies les plus modernes, c.-à-d. produire un acide à haut titre, avec un rendement de valorisation en P_2O_5 , et se permettre de répondre aux normes écologiques contraignantes par un stockage contrôlé et/ou une valorisation assez large des sous-produits du fluor et du sulfate de calcium.

Néanmoins, ce qui touche aujourd'hui les producteurs d'acide phosphorique, ce sont les perspectives à envisager des quantités possibles de sous-produits qu'il faudrait stocker ou recycler si, dès demain, ces effluents ne pouvaient plus être rejetés dans les fleuves, les mers et les océans.

Rappelons que la production mondiale de phosphate est de l'ordre de 150 millions de tonnes, la transformation en acide phosphorique de 30 millions de tonnes de P_2O_5 environ avec une co-production, avec rejet, de 150 millions de

tonnes de sulfate de calcium déshydraté et une récupération possible de 2,4 millions de tonnes d'acide fluosilicique (100 % d' H_2SiF_6).

De ces quantités de sous-produits, moins de 5 % sont valorisés dans des activités industrielles. C'est ainsi qu'en Europe, l'industrie phosphorique est réduite par les productions de concurrence étrangère, mais surtout par les contraintes des règles écologiques intérieures sur l'évacuation : le stockage et le recyclage industriel de sous-produits de sulfate de calcium et des composés fluorés (se trouvant dans les eaux usées ou récupérés en solution concentrée d'acide fluosilicique).

Ainsi, dans la technologie de production d'acide phosphorique, les traitements des effluents liquides, solides et gazeux doivent retenir particulièrement l'attention.

Les grandes quantités de fluor qui se dégagent lors de la fabrication de l'acide phosphorique sont incompatibles avec les normes limitant le rejet de fluor dans l'atmosphère. Une faible partie du fluor est libérée sous forme de fluosilicates insolubles mais la majorité se retrouve dans les gaz d'évaporation et de concentration.

Une méthode d'élimination du fluor des rejets gazeux d'évaporation ou de concentration se base sur le transfert, en phase liquide, du fluor par un lavage des gaz réalisé au moyen d'acide fluosilicique recirculé qui s'enrichit à leur contact. Ce procédé a l'avantage d'éliminer le fluor en permettant sa valorisation sous forme d'acide fluosilicique.

Il y a une gamme assez large de produits pour consommer l'acide fluosilicique récupéré. Les solutions les plus intéressantes seront toujours celles qui permettront de consommer la plus forte quantité d' H_2SiF_6 .

Les développements au cours des vingt dernières années constitueraient un pas énorme dans la bonne direction, celle de nombreux procédés de fabrication d'acide phosphorique plus performants et moins polluants et à haut titre en P_2O_5 , impliquant de ce fait d'importantes économies d'énergie.

En conclusion, si l'industrie de l'activité P_2O_5 poursuit son évolution au niveau mondial, les difficultés économiques accentuées par la répression environnementaliste et par la prise de certaines positions politiques entraînent, en Europe, de sérieuses réductions dans les capacités et possibilités de traitement des phosphates pour la production d'acides phosphoriques de qualité de plus en plus élargie.

Si la production mondiale est de l'ordre de 30 millions de tonnes de P_2O_5 transformé, l'Europe de l'Ouest n'est pas loin d'en consommer 20 % de la production totale.

Il semble utile que l'Europe reste néanmoins parmi les producteurs d'acide phosphorique afin de valoriser l'acide sulfurique, sous-produit des activités des industries métallurgiques de base, sinon on risque de nouveaux désengagements en Europe de ces activités. De toute manière, les producteurs européens et d'outre-mer devront intégrer leurs productions, de la mine en passant successivement par

les minerais, à l'unité de production de P_2O_5 de base, aux unités de traitement et la concentration des acides requis, avec une valorisation des sous-produits, composés de sulfate de Ca et produits fluorés.

Pour des raisons économiques, le fluor sera récupéré sous forme d'acide fluosilicique concentré (de 20 à 30 % d' H_2SiF_6).

De cette étape, plusieurs possibilités existent, soit :

- Valorisation d' H_2SiF_6 concentré ;
- Neutralisation avec rejet d'un fluosilicate sur terril ;
- Production simultanée par des technologies adaptées d'acide phosphorique et de fluosilicate de calcium.

Ce sont ces dernières possibilités qui retiennent notre attention. Le fluosilicate de calcium peut être à son tour valorisé comme sous-produit de l'acide phosphorique.

Les équilibres P_2O_5 de sulfate de calcium et produits fluorés seront à gérer et cela inévitablement, quels que soient les régions ou les pays producteurs de P_2O_5 .

Cela n'implique pas que toutes les unités connectées au réseau industriel soient voisines. En effet, pour un mineur-producteur, il existe deux centres d'activités, c'est-à-dire :

- Le site de la mine avec l'extraction du minerai et son conditionnement et l'alimentation du concentré à l'unité P_2O_5 de base pour la production d'acide faible. Les sous-produits de calcium, de fluor et les eaux résiduaires y sont stockés ou conditionnés et valorisés.
- Le site des activités industrielles chimiques et énergétiques diverses. Les matières nécessaires aux activités seront importées d'autres régions. Le site alimentera les marchés intérieurs et l'exportation des productions.

Ceci illustre les possibilités nouvelles d'exploitation rationnelle, qui permettent de répondre aux contraintes environnementales et de contrôler, à tous les niveaux, les pertes continues et/ou accidentelles en P_2O_5 (il n'y a plus de rejets directs des solides ou d'eaux usées à la mer, aux océans ou aux fleuves).

3. L'industrie du P_2O_5

Le titre en P_2O_5 n'est pas la seule qualité d'un concentré phosphaté et les impuretés jouent un rôle de plus en plus important.

Très généralement, une installation d'extraction de P_2O_5 du phosphate tricalcique par voie humide peut être divisée en quatre sections principales :

- Stockage, manutention, broyage du minerai et choix de l'acide ;
- Attaque chimique du minerai et extraction de l'acide phosphorique ;
- Concentration et stockage de l'acide phosphorique ;
- Neutralisation, formation du produit fini et des sous-produits.

Chaque section a ses technologies et ses frais de fonctionnement, et les propriétés physiques et chimiques du phosphate traité peuvent jouer un rôle essentiel dans leur détermination.

Dans ces technologies, le succès industriel est de vendre un procédé fiable avec ses équipements. Le réacteur est équipé de ses agitateurs et est traversé par une circulation forcée des liquides et solides. Le débit est contrôlé au sein du réacteur et assure le contrôle des différents paramètres de la réaction. Des équipements tels que le filtre, les cuves, les évaporateurs, les absorbeurs, les échangeurs, les clarificateurs, les extracteurs, les laveurs,... sont autant d'éléments importants des procédés. Cet ensemble *Process & Equipments* est très important ; il permet d'atteindre les performances recherchées tout en assurant les nécessités environnementales.

La voie humide comporte plusieurs types de procédés.

A chacun des domaines de cristallisation du sulfate de calcium correspond un type de procédé caractérisé par la nature même des cristaux précipités. Suivant qu'il s'agit de sel anhydre, hémihydrate alpha ou dihydrate, différentes possibilités sont envisageables.

Le sulfate de calcium peut être précipité dans l'acide avec des degrés variés d'hydratation, dépendant des températures et des concentrations utilisées.

On trouve un seul type de sulfate dihydrate ou gypse. On trouve deux types de sulfate hémihydrate (α et β), deux types d'anhydrites correspondant aux deux hémihydrates (III α et β), plus un anhydrite II obtenu par déshydratation ou par cristallisation à partir de solution et un anhydrite I stable à très haute température.

L'attaque du phosphate par l'acide sulfurique peut se résumer par la réaction simplifiée :



Le développement des procédés dihydrate et Central Prayon jusqu'à un degré de fiabilité totale a doté Prayon d'une solide expérience dans le traitement des minerais de phosphate les plus divers et dans le contrôle des conditions de travail en milieu dihydrate, hémihydrate — et dans la maîtrise des passages d'une phase de cristallisation à l'autre (dihydrate \Rightarrow hémihydrate α et hémihydrate $\alpha \Rightarrow$ dihydrate).

Mais, malgré tout l'intérêt énergétique de ces procédés qui permettent en CPP l'obtention d'un sulfate de calcium sec et valorisable, l'évolution des coûts énergétiques a poussé à investiguer la production d'acide phosphorique concentré à plus de 40 % de P_2O_5 .

C'est ainsi qu'est né le Procédé PH_3 (Prayon Hémihydrate 3 Crystal) qui associe le meilleur des deux mondes, à savoir d'une part la production d'acide phosphorique concentré à plus de 40 % de P_2O_5 et d'autre part la production de sulfate de calcium avec les perspectives de valorisation directes sur plusieurs «phases» cristallines.

Prayon élargit sa gamme de procédés afin de répondre aux besoins des producteurs et aux nouveaux investisseurs, notamment des pays en développement.

En raison des augmentations de production, le problème du gypse résiduaire et des effluents fluorés, notamment, est entré dans une phase décisive, d'autant que les réglementations concernant l'épuration des eaux, du sol et de l'air, deviennent de plus en plus sévères.

Selon la pratique actuelle encore en usage général de nos jours, on entasse le gypse résiduaire en «montagnes» ou bien on l'évacue, mélangé à l'eau, dans les fleuves ou dans la mer.

Ce sulfate de calcium contient toutefois des impuretés, de nature partiellement soluble et partiellement insoluble, qui provoquent une pollution effective des eaux.

Pour le producteur d'acide phosphorique, le sulfate de calcium reste le principal impact de l'activité sur l'environnement.

L'évacuation et la mise en stock de ce sous-produit solide (gypse ou hémihydrate α), abondant et pondéreux (5 tonnes/t P_2O_5), posent d'importants problèmes, en plus du coût élevé, qui ne sont pas aisés à résoudre surtout si le lieu de dépôt ne se trouve pas à proximité de l'usine et s'il faut prendre des dispositions contre la pollution des eaux souterraines.

L'évacuation économique du sulfate de calcium résiduaire est l'objet de recherches poussées en vue de son utilisation, surtout dans les pays ne disposant pas de gypse natif et, par conséquent, obligés d'importer de l'étranger cette matière première.

Selon les procédés de fabrication de l'acide, le sulfate de calcium contiendra plus ou moins d'impuretés et nécessitera un lavage et une calcination avant son emploi. Dans d'autres procédés, sa pureté est telle qu'une réhydratation de l'hémihydrate produit donne, après réhydratation et neutralisation (pour précipiter le P_2O_5 restant), un produit présentant des qualités équivalentes, voire supérieures, à celles du gypse naturel.

Ceci nous amène à repenser à l'efficacité technique d'un procédé (son rendement) calculé sur base du P_2O_5 contenu dans les solides à la décharge du filtre.

De fait, on «compare» trop souvent les procédés et leur rentabilité économique à la décharge du filtre s'il s'agit d'un procédé à une étape (une phase cristalline) ou à la décharge du second filtre pour un procédé à deux ou trois étapes (deux ou trois phases cristallines).

Cette manière de faire est insuffisante et incorrecte. Si les décisions portent sur un choix de procédé, les types d'évacuation, de traitement et d'utilisation éventuelle des solides doivent être nécessairement pris en considération. Les solides $CaSO_4 \times H_2O$ peuvent être évacués par voie sèche ou humide ; ils peuvent être du dihydrate ou de l'hémihydrate α .

L'aval à la décharge des solides du filtre sera d'importance quant à l'exploitation du procédé et des objectifs recherchés, notamment le rendement.

Précisément, Prayon est seul à détenir des procédés d'acide phosphorique où les solides $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$ α sont directement valorisables avec un maximum de possibilités d'application : ce sont les procédés PH₃ et CPP.

On a nécessairement une décharge sèche, la majorité des applications pour valorisation partent d'hémihydrate α sec ou réhydraté par voie sèche ou réhydraté par voie humide.

Les procédés déchargent de l'hémihydrate α , nous devons en garantir les performances incluant la section de réhydratation humide de l'hémi α (section de toute façon nécessaire pour le traitement des eaux de lavage des toiles de filtre et lors de décharges humides occasionnelles).

Ce type de traitement, bien connu en CPP des effluents liquides et solides, permet d'assurer et d'améliorer le rendement et d'éviter une pollution élevée de l'environnement. Il est important de réhydrater l'hémihydrate α , repulpé dans des eaux avant de le pomper vers un *pond* ou un filtre. Si on évacue les solides secs sur un terrain d'où on ne peut recycler les eaux, il est, dans ce cas, nécessaire de procéder à une réhydratation où les solides réhydratés sont filtrés et lavés avant rejet, avec l'eau de mer par exemple. On peut de ce fait récupérer un maximum de P₂O₅, SE et Cocryst. qui sont solubilisés dans les eaux de réhydratation et, par les eaux de lavage, le recycler. Le rendement passe à des valeurs supérieures à 99 %.

L'inconvénient du système, c'est l'importance de l'investissement de la section de réhydratation (cuves-agitateurs-pompes-filtres) et de la puissance installée (agitateurs).

Autrefois, pour le procédé CPP, on avait étudié l'influence de l'ajout de chaux [CaO ou Ca(OH)₂] sur le temps de réhydratation ; à ce moment-là, il s'agissait de neutraliser l'effluent avant rejet.

Aujourd'hui, il s'agit d'augmenter le rendement et de réaliser une unité « propre ».

Responsable des augmentations énormes de production, le problème des effluents fluorés est entré dans une phase décisive, d'autant plus que les réglementations concernant l'épuration des eaux, du sol et de l'air deviennent très sévères.

Les besoins chimiques fluorés, autrefois couverts à partir des gisements de *spath fluor* mais assez rares aujourd'hui, font naître un intérêt pour la récupération du fluor là où il est produit. Le fluor contenu dans l'acide phosphorique de voie humide peut et doit être récupéré ; cette nécessité économique est doublée par une obligation régie par les lois antipollution.

Les entreprises ont pour but de récupérer le fluor sous forme d'acide fluosilicique concentré et de le valoriser tel quel ou sous d'autres composés après transformation.

Les débouchés de l'acide fluosilicique sont variés car celui-ci entre dans la fabrication de la plupart des composés à base de F. Il est utilisé dans l'industrie

de la céramique, dans celle de l'aluminium, mais aussi comme herbicide ou pour le traitement des eaux usées.

L'acide fluosilicique brut ne subit généralement pas de traitement particulier. A partir de l'acide fluosilicique produit, on peut fabriquer trois principaux groupes de produits :

- Les fluosilicates ;
- Les fluorures ;
- Des cryolites et fluoroborates.

Notons surtout que l'application en tant que réactif lors de la lixiviation du minerai de phosphate devrait permettre :

- La valorisation des minerais de phosphate éventuellement peu commercialisables ;
- La production d'acide phosphorique à haut titre (% en P_2O_5) et relativement épuré ;
- L'utilisation comme réactif d'un sous-produit de l'acide phosphorique (H_2SiF_6), fatal et de faible coût (80 à 100 kg/t P_2O_5 54 %) et dans les quantités produites ;
- De réduire, proportionnellement à la valorisation de l' H_2SiF_6 , la consommation d' H_2SO_4 par unité de P_2O_5 produite (3 à 4 %) ;
- De solutionner à plus de 90 % le problème d'environnement dû au rejet des effluents fluorés ;
- De produire un nouveau sous-produit de $CaSiF_6 \cdot 2H_2O$ valorisable qui devient une source de production pour les produits CaF_2 , SiO_2 et HF utiles dans d'autres secteurs d'activités.

4. Situations actuelles et perspectives

La production d'acide phosphorique n'est plus un problème de procédé ; on peut traiter les minerais de phosphate selon les technologies les plus modernes, c.-à-d. produire un acide à haut titre, avec un rendement de valorisation en P_2O_5 élevé et se permettre de répondre aux normes écologiques contraignantes par une valorisation assez large des sous-produits du fluor et du sulfate de calcium. Les procédés Central-Prayon (CPP) et Prayon hémihydrate 3 cristallisations (PH_3) sont les seuls procédés à prendre en considération dans les nouveaux développements et les améliorations d'unités existantes.

Néanmoins, ce qui touche aujourd'hui bon nombre de producteurs, c'est la limite en teneur de certains contaminants des produits phosphatés (engrais, acides, sels de phosphates et dérivés, ...). Il n'y a pas de normes internationales ni européennes, mais il existe des limites commerciales à ne pas dépasser et qui varient selon les pays.

En Europe, l'industrie de l'acide phosphorique est réduite par les productions de la concurrence étrangère et les contraintes pour les règles écologiques intérieures ; on s'oriente vers les phosphates à moindre teneur en éléments radioactifs et en métaux lourds, en cadmium notamment. La recherche nous conduit à exploiter des procédés de traitement qui ne peuvent guère s'appliquer que dans la fabrication de produits plus élaborés que les engrais. Ces technologies fiables ne voient guère de réalisations industrielles.

Actuellement, les procédés se classent généralement en quatre catégories :

- Co-cristallisation dans l'anhydrite II, l'hémihydrate — et le dihydrate ;
- Précipitation par molécules contenant S^{2-} ;
- Enlèvement par résine «échangeuse» d'ions ;
- Enlèvement par extraction aux solvants.

On trouve du cadmium dans tous les concentrés phosphatés sédimentaires, mais dans une gamme très variable de teneurs. Alors que certains concentrés n'en contiennent que quelques ppm (3 à 5), d'autres peuvent renfermer jusqu'à près de 100 ppm.

La plupart des métaux lourds ne sont ni fortement ni immédiatement toxiques, du moins dans les quantités auxquelles nous sommes habituellement exposés, notamment dans les sociétés industrielles. Par contre, ils représentent un risque très complexe qui est assez difficile à évaluer en termes quantitatifs précis.

Le cadmium et les métaux lourds sont toujours présents dans l'environnement naturel et par conséquent se trouvent même dans les régions les plus éloignées. Néanmoins, dans les régions les plus industrialisées, plus de 90 % des métaux lourds rencontrés dans l'environnement peuvent être attribués aux activités humaines.

Il y a un facteur important à rappeler en ce qui concerne les métaux lourds trouvés dans les phosphates, à savoir que la place de ceux-ci dans la fabrication des phosphates est caractérisée par son intime mélange avec le minerai. Par conséquent, pour remédier aux problèmes causés par la toxicité des métaux lourds, la condition préalable est d'intervenir dans le processus de la transformation des phosphates, avec toutes les conséquences d'une efficacité diminuée, de coûts augmentés, d'une consommation accrue de matières premières.

Vu que la majeure partie des contaminants dans le minerai de phosphate ne se rassemble pas dans le gypse, les fertilisants phosphatés contiennent encore une large part des métaux lourds originaires des gisements de phosphate.

La réduction, voire l'élimination des acides de production ou des sous-produits des contaminants indésirables, peut pour la plupart s'effectuer par co-cristallisation ou co-précipitation par un choix de conversion au cours de laquelle nous faisons passer du sulfate de calcium d'une phase cristalline à une autre.

Dans les procédés Prayon di-hémi (CPP) et PH_3 (hémi-di-hémi), l'attaque de l'apatite aboutit à la formation d'un dihydrate qui est ensuite converti en

hémihydrate α . Au cours de la conversion du dihydrate, deux autres phases cristallines peuvent être réalisées : héli et l'anhydrite II.

L'anhydrite II pompe littéralement le Cd hors de l'acide phosphorique. L'opération consiste donc à se placer dans des conditions telles que l'on forme de l'anhydrite II en quantité suffisante en parallèle à l'hémihydrate α .

Ces traitements enlèvent, en plus des Terres Rares (yttrium), le baryum et le strontium et fournissent un acide désaturé qui ne donne plus lieu à des post-précipitations. L'installation doit être associée à l'unité d'acide phosphorique.

Dans ces technologies proposées, il serait possible de passer d'une teneur en cadmium de l'acide phosphorique d'environ 50-100 ppm jusqu'à une valeur qui peut être inférieure à 3 ppm, voire à 1 ppm. De plus, ce décadmiage peut être réalisé pour tout acide quelle que soit sa teneur initiale en cadmium.

Si les productions et les quantités échangées de phosphate n'augmentent pas avec les années, c'est un phénomène qui résulte de la conjonction de divers facteurs tels que l'évolution des politiques agricoles visant à moins subsidier l'emploi d'engrais et de meilleurs rendements lors de l'utilisation de ces engrais.

De plus, le commerce international des minerais de phosphate subit une récession consécutive au développement de la production d'acide phosphorique près de sites d'exploitation. La désaffectation des unités de production, en Europe notamment, est principalement due aux contraintes environnementales réduisant les possibilités de déposer le sulfate de calcium. Cette tendance s'accroîtra au cours des prochaines années.

Ce bouleversement économique a des répercussions sur le mineur-producteur qui, dans une politique d'environnement par la production d'acide phosphorique, doit intégrer la production compte tenu des régions et des ressources industrielles à pourvoir.

Le lien entre la qualité du minerai et la qualité des produits est immédiat. C'est donc le cas du radium qui est à la source d'une grande partie de la radioactivité du gypse formé, ce qui empêche de le valoriser comme plâtre de construction.

Les teneurs en U des phosphates sédimentaires peuvent être élevées (100 ppm et plus contre 10 ppm en moyenne pour les concentrés d'origine magnétique). Le compromis trouvé dans le mélange d'un concentré d'origine sédimentaire et d'un concentré d'origine ignée peut donc souvent être intéressant.

Un procédé Prayon de fabrication d'acide phosphorique produisant un sulfate de calcium de grande pureté, les procédés à double et triple cristallisation Central Prayon (PH₁) présentant des qualités équivalentes, voire supérieures à celle du gypse naturel, permettent une politique de valorisation du sulfate de calcium entraînant, en fonction des débouchés visés, des exigences particulières sur la pureté des minerais phosphatés utilisés.

A partir d'un procédé produisant de l'héli α (CPP ou PH₃), toutes les possibilités de valorisation du $\text{CaSO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$ sont offertes et, de plus, par une

réhydratation humide, nous pouvons purifier l'hémihydrate et produire un dihydrate très pur et peu radioactif si nécessaire.

On ne peut pas encore dire que l'on a supprimé le problème de la mise à teruil du sulfate de chaux ou son rejet dans les eaux, du moins a-t-on amélioré sa qualité au point qu'il existe un marché actuel pour 50 à 60 % de la quantité produite. Et le solde mis à teruil, est amélioré en sorte qu'il favorisera la découverte d'autres usages éventuels, voire la mise au point de procédés de recyclage.

Ces développements constituent un pas énorme dans la bonne direction, celle de nombreux procédés de fabrication plus performants et moins polluants.

Les choses sont différentes quand le pays ne possède pas de gisement naturel de $\text{CaSO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$ ou que l'Etat, pour une politique d'environnement, peut «exiger» le recyclage des sous-produits et «ralentir» l'exploitation des gisements naturels.

Toutefois, ce qui est certain, c'est que pour les procédés d'acide phosphorique très performants et à plusieurs formes de cristallisation du $\text{CaSO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$, les produits dérivés de l'acide phosphorique présentent des caractéristiques physico-chimiques et économiques tout à fait équivalentes et même largement supérieures aux produits naturels.

Certains clients qui utilisent des produits naturels ont amélioré les qualités et les coûts de leurs produits en introduisant les produits d'hémi α dans certaines proportions aux produits naturels.

En résumé, la spécification des produits sera différente selon les pays, l'application que l'on veut en faire et l'usage des produits manufacturés.

Dans le cas où il y a production d'hémihydrate α (CPP et PH_3), deux voies sont disponibles :

- Réhydratation en dihydrate sec ;
- Séchage en hémihydrate α sec.

La réhydratation en dihydrate sec est la voie suivie jusqu'à présent par les utilisateurs dont l'intérêt majeur est d'obtenir finalement un dihydrate sec de grande pureté, aisément manipulable par les moyens classiques de manutention du type «vrac», et ceci sans aucune dépense en utilisant simplement à leur profit le comportement naturel de l'hémihydrate α (\rightarrow réhydratation).

Par séchage en hémihydrate α sec à partir d'hémihydrate frais résultant du procédé Central-Prayon ou PH_3 , ce sulfate de calcium est donc devenu un produit qui peut se substituer au gypse naturel dans beaucoup d'applications industrielles, contribuant ainsi à l'économie du procédé d'acide phosphorique et donnant une réponse au problème important et coûteux du stockage du gypse et de l'environnement.

Il est préférable que la quantité d'hémihydrate α sec ou de dihydrate réhydraté produit corresponde à la taille des marchés potentiels. Par exemple :

- Le gypse entre pour environ 4 % comme retardeur de prise dans la fabrication du ciment, c'est-à-dire qu'à 1 tonne de gypse correspondent 25 tonnes de ciment ;

- Pour la fabrication de carreaux de plâtre de 70 mm d'épaisseur environ, à 1 tonne de plâtre correspondent environ 14 m² de carreaux.

Cette réflexion veut aussi dire que la solution la plus avantageuse pour la modernisation des unités actuelles d'acide phosphorique est :

- De transformer la production de dihydrate classique en sulfate de calcium purifié par le procédé Central-Prayon ou PH₃ + séchage Prayon ;
- De faire agréer le produit final par les différents ministères et organismes (construction, mines, ...) intéressés par ce sulfate de calcium ;
- D'augmenter la capacité de production de sulfate de calcium purifié par ajout de lignes de transformation en parallèle à la première ligne ;
- De granuler autant que possible lors de la réhydratation/neutralisation le sulfate de calcium produit afin d'augmenter l'intérêt et son usage (produit constant et homogène ainsi que réduction des coûts de valorisation).

Il est intéressant de remarquer que la consommation de gypse naturel correspond sensiblement à la production de gypse synthétique, soit plus de 120 mtpa et que seulement 15 % sont utilisés, le solde étant déposé en terril ou rejeté dans les océans.

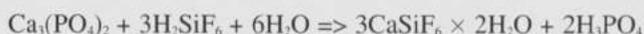
Une méthode d'élimination du fluor des rejets gazeux d'évaporation ou de concentration se base sur le transfert, en phase liquide, du fluor par un lavage des gaz réalisé au moyen d'acide fluosilicique recirculé qui s'enrichit à leur contact. Ce procédé a l'avantage d'éliminer le fluor en permettant sa valorisation sous forme d'acide fluosilicique.

L'acide fluosilicique peut servir à trois applications que nous rappelons :

- Il peut être valorisé tel quel ;
- Il peut également servir dans la production de dérivés tels que les fluosilicates et certains fluorures ;
- Il peut enfin permettre, par des technologies adaptées, la production simultanée d'acide phosphorique et de fluosilicate de calcium dihydraté (CaSiF₆ × 2H₂O).

Notons encore que la quantité de fluor dégagé au cours de la production d'acide phosphorique, et par tonne de P₂O₅ produite, est d'environ 80 à 100 kg l'équivalent d'acide fluosilicique à 100 %.

La réaction principale du procédé de production de fluosilicate de calcium est :



Ceci nous permet d'obtenir une quantité supplémentaire d'acide phosphorique de 3,5 à 10 % selon le schéma retenu pour le traitement du fluosilicate de calcium avec production de fluorure de calcium (CaF₂-Fluorspar). Les deux solides produits peuvent être valorisés. Ces technologies offrent d'ailleurs un

beau potentiel puisqu'il s'agit de produits solides qui permettent un stockage, une manutention et un transport plus aisé que l'acide fluosilicique.

Nous avons vu qu'il était de plus en plus fréquent que les producteurs de phosphate en viennent à fabriquer eux-mêmes de l'acide phosphorique. Il s'agit la plupart du temps de pays où les contraintes environnementales sont bien moins strictes que celles que nous connaissons en Europe ou aux Etats-Unis. C'est par exemple le cas au Maroc, où l'acide fluosilicique est simplement rejeté dans l'océan situé à côté des installations de production. Ainsi, chaque année, quelque 96 % de l'équivalent d'acide fluosilicique produit par la fabrication d'acide phosphorique dans le monde sont stockés et éliminés dans les effluents solides/liquides.

Compte tenu de la teneur des phosphates en fluor (3 à 4 %), nous obtenons pas moins de 2 400 000 tonnes d' H_2SiF_6 (100 %) à récupérer et à valoriser au niveau mondial. Cependant, la plupart des producteurs de fluorures utilisent comme matière première le CaF_2 .

La production annuelle mondiale de fluorspar s'élève à 4,3 millions de tonnes. La Chine, le Mexique et l'Afrique du Sud en sont les plus grands producteurs. Ils en sont également les principaux exportateurs mondiaux.

Les réserves mondiales de fluorspar sont, quant à elles, estimées à plus de 200 millions de tonnes.

Bien que l'Europe détienne près du quart des réserves mondiales, sa production, elle, ne représente qu'une proportion plus faible. Le fluorspar contient théoriquement 51,1 % de calcium et 48,9 % de fluor, mais il existe certaines impuretés telles que le calcite, le quartz, des phosphates, etc.

Nous pouvons distinguer trois types de fluorspar disponibles commercialement :

- *L'acid-grade*, qui contient plus de 97 % de CaF_2 . Il se présente sous forme de poudre. Il est également appelé acidspar, spath fluor «acide» ou «chimique».
- *Le ceramic-grade*, qui contient entre 85 et 96 % de CaF_2 .
- *Le metallurgical-grade* (metspar, spath fluor «métallurgique») dont la teneur en CaF_2 est de 60 % minimum.

Si la consommation reste stable, les réserves actuelles devraient être épuisées d'ici 2050. Ce délai limité nous amène à nous interroger sur les autres sources naturelles de fluor. Ainsi, malgré le faible pourcentage de fluor contenu dans le phosphate tricalcique, les réserves disponibles (12 milliards de tonnes) permettent d'au moins doubler les quantités de fluor d'origine minière.

La récupération du fluor contenu dans les roches phosphatées se fait toujours par la synthèse d'une solution d'acide fluosilicique pouvant se situer entre 20 et 30 % d' H_2SiF_6 .

Dans la technologie de la valorisation du H_2SiF_6 par l'attaque de phosphate sur base de 30 millions de tonnes de P_2O_5 produites au titre de 54 % et une récupération de 2,4 millions de tonnes d' H_2SiF_6 à 100 %, et selon le schéma de traitement

et de valorisation du $\text{CaSiF}_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ produit, nous pourrions produire et valoriser :

- 2,4 millions de tonnes de P_2O_5 et plus avec :
 - une réduction de consommation ou une mise en disponibilité de 6 millions d' H_2SO_4 à 100 % ;
 - une économie d'énergie consécutive du titre de l'acide phosphorique produit de 3,6 millions de tonnes vapeur, soit 2 250 millions de Kcal. environ ;
- 15 millions de tonnes de $\text{CaSiF}_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ pouvant, par traitement, produire à haute pureté :
 - 5,4 millions de tonnes de CaF_2 ;
 - 1,3 millions de tonnes de silice (SiO_2) ;
 - 6,0 millions de tonnes d' H_2SiF_6 (valorisées dans la production du P_2O_5).

Cette valorisation nous permet d'augmenter la valeur ajoutée (V.A.) de l'acide phosphorique produit qui passerait de 15 à 26 % par la valorisation de l'acide fluosilicique.

Ainsi, si la voie de l' H_3PO_4 est le passage obligé de la valorisation de P des phosphates vers les produits phosphates commercialisés et utilitaires, de même la production d' H_3PO_4 est le passage obligé pour la valorisation du fluor de la fluoro-apatite dans la production d'un coproduit fluoré, l' H_2SiF_6 (HF, SiO_2).

Nous pouvons terminer en disant que la production industrielle du $\text{CaSiF}_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ sera le passage obligé pour une production d'HF et de son développement industriel à partir des ressources de la fluoro-apatite.

En conclusion, l'industrie de l'activité P_2O_5 poursuit son évolution au niveau mondial, bien que nous constatons que la production et la consommation du P_2O_5 restent relativement stationnaires et cela depuis près de vingt ans.

Les difficultés économiques accentuées par la répression environnementaliste entraînent en Europe de sérieuses réductions dans les capacités et possibilités de traitement des phosphates pour la production d'acides phosphoriques de qualité de plus en plus élargie.

Si la production mondiale est proche de 30 millions de tonnes de P_2O_5 transformées en P_2O_5 , l'Europe de l'Ouest n'est pas loin d'en consommer 20 % de la production totale.

Il semble utile que l'Europe reste néanmoins parmi les producteurs d'acide phosphorique afin de valoriser l'acide sulfurique, sous-produit des activités des industries métallurgiques de base, sinon on risque de nouveaux désengagements en Europe de ces activités. De toute manière, les producteurs européens et d'outre-mer devront intégrer leurs productions, de la mine en passant successivement par les minerais, à l'unité de production P_2O_5 de base, aux unités de traitement, et la concentration des acides requis, avec une valorisation des sous-produits composés de sulfate de Ca et produits fluorés.

Des connexions, en tous sens, existent ou peuvent se créer entre différentes unités de produits. C'est un équilibre à gérer mais qui correspond à ce qui se fera inévitablement quels que soient les régions ou les pays producteurs de P_2O_5 .

Cela n'implique pas que toutes les unités connectées au réseau industriel soient voisines. En effet, pour un mineur-producteur, il existe deux centres d'activités :

- Le site de la mine avec l'extraction du minerai et son conditionnement et l'alimentation du concentré à l'unité de P_2O_5 de base pour la production d'acide faible. Les sous-produits de calcium et les eaux résiduaires y sont conditionnés et valorisés.
- Le site des activités industrielles, chimiques et énergétiques où les réactifs seront produits, les acides concentrés et valorisés tels quels en engrais et en produits chimiques divers. Les matières nécessaires aux activités seront importées d'autres régions. Le site alimentera les marchés intérieurs et l'exportation de ses productions.

Ceci illustre une possibilité nouvelle d'exploitation rationnelle, qui permet de répondre aux contraintes environnementales et de contrôler, à tous les niveaux, les pertes continues et/ou accidentelles en P_2O_5 (il n'y a plus de rejets directs des solides ou d'eaux usées à la mer, aux océans ou aux fleuves). Avec ces conceptions, on peut penser que des gisements de phosphate aujourd'hui non exploités pour des raisons de communications et d'infrastructure inexistantes, pourront l'être dès demain et de manière rentable.

A la limite, un pipeline de connexion entre les deux sites suffit (transfert d'acide sulfurique dans un sens, la production d'acide faible dans le sens inverse).

Finalement, que voulons-nous ?

L'industrie doit guérir l'environnement de ses problèmes. C'est une opération toujours ambitieuse au cours de laquelle l'environnement, les producteurs industriels et les chercheurs expliqueront toujours pourquoi ils ont l'audace d'y croire. Croire en l'avènement de traitements issus des progrès de la technologie, en quelque sorte l'utilisation de méthodes de travail et d'équipements propres à tous les niveaux de l'élaboration du produit recherché, est une thérapie qui pourrait s'avérer la solution à une grande partie des difficultés mais également dans certains cas à l'innovation de technologies nouvelles. L'intégration industrielle à tous les niveaux en est une voie.

Nous avons vu précédemment la nécessité de passer aux technologies d'acide phosphorique à décharge d'hémihydrate — qui engendre nécessairement deux ou trois cristallisations, un titre élevé de production de P_2O_5 , mais aussi un rendement élevé (99 % et +) qui permettrait d'autant la valorisation optimale du sulfate de calcium, un gain de réactif, une augmentation de la production tout en évitant les contraintes d'environnement.

Le choix de procédés appropriés permettrait d'augmenter la V.A. de l'acide produit. En résumé, on aurait :

- Pour les procédés actuels (95 % de la production existante) : 15 % de V.A. ;
- Par la valorisation du sulfate de calcium : 26 % de V.A. ;

- Par la récupération et la valorisation de l' H_2SiF_6 : 37 % de V.A. ;
- Par l'augmentation de rendement (95 % – 99 %) : 42 % de V.A. ;
- Par le gain énergétique dû au titre : 48 % de V.A.

A titre d'exemple, une unité de 500 t de $\text{P}_2\text{O}_5/24$, soit 150 000 t/an, qui aujourd'hui réalise une V.A. de 300 millions BEF/an (7,5 millions € – 7 millions \$), passerait lors d'une complète intégration à la technologie la plus performante à plus de 950 millions BEF/an (23,6 millions € – 21,6 millions \$).

Aujourd'hui, pratiquement pour les 95 % de la production, nous sommes au stade de 15 % de V.A. et, depuis plus de 20 ans, rien n'a changé... !

Les progrès accomplis au cours des vingt dernières années par le secteur de recherche de l'industrie du P_2O_5 , permettent une lutte contre les pertes de P_2O_5 et l'impact sur l'environnement par l'amélioration des performances et des qualités des produits. Ceci est un fait de témoignage et de reportages que l'on présente d'ores et déjà comme une nécessité à l'intégration des activités à tous les niveaux depuis les gisements de phosphate jusqu'à la production de produits manufacturés. L'étape la plus importante à franchir est le rapprochement du mineur et du producteur. C'est dans une politique d'investissement en commun qu'elle pourra se réaliser.

C'est aussi l'occasion pour le monde de se rendre compte que la générosité alliée aux performances des chercheurs engendre des résultats inestimables.

5. Conclusions et réflexions

Si les contraintes environnementales sont sans aucun doute un élément important dans l'évolution de l'industrie de base, il était nécessaire de montrer que tout en résolvant un problème de pollution, la valorisation des pertes et des co-produits conduit les entreprises à dégager un appréciable bénéfice. Il est vrai que pour établir le bien-fondé économique de la décision de consacrer un capital financier à cet usage, il convient de répondre à la question de savoir si les retours d'argent à provenir de la mise en œuvre de ces technologies, permettront d'amortir et de rémunérer de manière satisfaisante le capital financier investi.

Tous les facteurs devront être pris en considération, tant techniques qu'humains, et les co-produits traités.

Plusieurs éléments devront être associés à ce plan d'initiative et d'entreprise. Le travail est l'acte structurant qui ne se développera pleinement, au sein de l'entreprise, que par un dialogue de personne à personne, quelle que soit sa position hiérarchique. La liberté d'entreprendre est un ressort fondamental de l'économie.

L'entreprise a besoin d'un management fort, non seulement en période de crise mais aussi quand tout va bien, car la faiblesse engendre le cynisme qui, lui-même, engendre la passivité : ne rien faire engendre la corruption.

Le véritable développement nécessite que des investissements se fassent. L'industrie technologique se transforme très vite, les connaissances sont de plus en plus importantes : c'est le point fort de l'économie et de son impact sur notre environnement.

Il est essentiel que les entreprises réfléchissent sur le long terme pour consolider les technologies de base et augmenter leur part de marchés.

Les facteurs du développement et de l'économie sont l'innovation, les investissements et la formation. Maîtriser les technologies et investir dans la recherche sont des défis essentiels pour les entreprises. Bien entendu, il faut faire le bon choix dans les projets, les identifier et favoriser leur financement. Il faut accroître les moyens de la recherche et notamment de la recherche appliquée. L'innovation sera stimulée et optimisée en regroupant les moyens ainsi qu'en développant des synergies entre les entreprises et les universités.

Il faut réduire les incertitudes du monde industriel en clarifiant les normes environnementales, en stabilisant les politiques et en évitant l'inflation réglementaire ...

Ainsi, le goût du risque renaît, de même que la notion de profit par le travail. Un des témoins majeurs de notre environnement, c'est la qualité de l'eau ; les secteurs publics et privés doivent s'y atteler et se mouiller.

Que faire pour stimuler le potentiel de croissance des entreprises ? Dans l'exemple que nous avons traité, le coût du travail ne paraît pas un obstacle à la croissance de cette activité. Se plaindre dans ce sens et attendre les subsides publics ne paraît pas être la solution pour résoudre ses problèmes.

Les entreprises doivent elles-mêmes stimuler leur croissance : par l'audace, le talent et les moyens que leur procure leur capital : travail + humain.

L'audace, c'est la capacité d'un management d'anticiper et de cibler les bons choix d'activités avec les risques calculés. Ainsi, on est le premier à produire et à prendre de nouveaux marchés.

Le talent, c'est l'ingéniosité par l'innovation et, de ce fait, non seulement on sera le premier mais aussi le meilleur. La diversité, la qualité des produits et les performances technologiques découlent de ce facteur.

Enfin, **les moyens** indispensables à la réalisation de la croissance doivent être aisément trouvés et mis à disposition si la question des entreprises repose sur le travail avec des principes d'honnêteté, d'écoute, de parole, de courage, de persévérance, de connaissance, d'expérience et de performances ...

Et, pour terminer, citons ces quelques paroles de Lavoisier (1743-1794), créateur de la chimie moderne, à qui on doit la notion de molécule chimique et de plus importantes découvertes sur l'air et l'eau, sur la calorimétrie, etc.

«...Convaincu de ces vérités, je me suis imposé la loi de ne procéder jamais que du connu à l'inconnu, de ne déduire aucune conséquence qui ne dérive immédiatement des expériences et des observations et d'enchaîner les faits et les vérités chimiques dans l'ordre le plus propre à en faciliter l'intelligence».

NOTE

- [1] «Tout est toxique et rien n'est toxique : c'est la dose qui fait le poison» (Paracelse 1493-1451).

BIBLIOGRAPHIE

- AMRANI, A. 1995. Elimination du Cadmium des solutions aqueuses d'acide phosphorique de voie humide. — Unité des procédés, Université Catholique de Louvain.
- BASTIN, D. 1995. Contribution à l'étude des phases contaminantes du minerai phosphaté de TAIBA. — Unité de Géologie Appliquée, Université de Liège.
- CERPHOS 1988. Procédé d'élimination des métaux lourds, et notamment du cadmium, contenus dans l'acide phosphorique. — Brevet français n° 26298122 (12.4.1988).
- DAMIEN, B. & RENAUD, N. 2000. Etude du marché mondial des produits fluorés inorganiques et de leurs matières premières. — Université Catholique de Louvain, Département d'administration et de gestion.
- LA LIBRE BELGIQUE, **219** (19 mai 1999), Sciences, ça m'intéresse.
- Licensing Division of Prayon Rupel Technologies. S.A. PRAYON Processes for Phosphoric Acid Production.
- MAURY, T. 1994. Entrée libre. — *La Libre Belgique* (16 mars).
- NADEAU, I. 1994. Des fleuves trop bien nourris. — UM/Info doc. (17 nov.).
- PAUL, D. 2001. Sciences – L'exposition aux rayonnements. — *La Libre Belgique* (14 mars).
- PAUL, D. 2001. Sciences – L'énergie. — *La Libre Belgique* (23 avril).
- ROOSEN, D. 2000. Evaluation technico-économique d'un procédé en développement concernant la valorisation du contenu en fluor des minerais phosphatés. — Université Catholique de Louvain, Institut d'administration et de gestion.
- SMITH, P.A. 1991. Some considerations on the selection of concentration and fluorine recovery units for phosphoric production. — *In* : Prayon technical symposium on phosphoric acid technology.
- SMITH, P.A. & THIRION, F. 1991. Réduction des impacts causés sur l'environnement par la production d'acide phosphorique. — PRAYON RUPEL TECHNOLOGIES.
- SMITH, P.A. & THIRION, F. 1999. L'efficacité par le rendement et la technologie dans la production de l'acide phosphorique. — PRAYON RUPEL TECHNOLOGIES.
- THIRION, F. 1977. Séminaire de chimie industrielle : la fabrication industrielle de l'acide phosphorique (t. 2, chap. I). — Institut de génie chimique, Université Catholique de Louvain.
- THIRION, F. 1987. Acide phosphorique de voie humide. Le procédé PH₁ – Procédés et produits dérivés. Dossier de candidature au «Grand Prix de l'Innovation en Wallonie (Belgique) de la Société Prayon-Rupel».
- THIRION, F. 1991. PH High Strength Processes. — *In* : Prayon technical symposium on phosphoric acid technology.
- THIRION, F. 1996. L'évolution de la production de l'acide phosphorique dans le contexte économique et politique de l'environnement. L'impact des contaminants de l'apatite à l'intégration des productions de P₂O₅ et des sous-produits. — *Bull. Acad. r. Sci. Outre-Mer*, **42** (3) : 581-624.

- THIRION, F. 1997. L'agitation et les agitateurs. — PRAYON Recherches Appliquées.
- THIRION, F. 1998. La valorisation de l'acide fluosilicique par la production d'acide phosphorique face aux contraintes environnementales. — PRAYON Techniques & Développement.
- THIRION, F. & DAVISTER, A. 1984. Obtention simultanée de sulfate de chaux marchand et d'acide phosphorique concentré. — IFA, Paris.
- V.S. 1999. Réflexions – Patrons belges, soyez plus audacieux ! — *La Libre Belgique*.
- ZEEGERS, J. 2000. Chronique – Des entreprises sans usine : pourquoi pas ? — *La Libre Entreprise* (14 juillet).

Biodiversiteitscrisis en DNA-technologie : uitdagingen voor de biologische systematiek anno 2001

door

Elmar ROBBRECHT*

TREFWOORDEN. — Biodiversiteit ; Fylogenetische reconstructie ; Floristiek ; Faunistiek.

SAMENVATTING. — De vooruitgang van de moleculaire biologie heeft nieuwe mogelijkheden geschapen om de evolutie te reconstrueren vanuit gegevens aanwezig in hedendaagse organismen. Vergelijkende sequentiebepaling van gedeelten van het genoom domineert vandaag de systematische biologie. De menselijke vooruitgang heeft echter ook de 'biodiversiteitscrisis' veroorzaakt : niet alleen gaat de soortenrijkdom achteruit, ze wordt ook steeds meer verstoord. Ze kan voor alle groepen organismen wereldwijd niet snel genoeg in kaart worden gebracht. De biosystematicus moet daarom meer dan ooit een evenwicht vinden tussen vooruitgang van de kennis (lees fylogenetische reconstructie) en snelle aflevering van producten voor gebruikers. Hierbij moeten de middelen van de informatietechnologie aangewend worden om flora's en fauna's te herdenken.

MOTS-CLES. — Biodiversité ; Reconstruction phylogénétique ; Floristique ; Faunistique.

RESUME. — *Crise de la biodiversité et technologie de l'ADN : défis pour la biologie systématique de l'an 2001.* — Les progrès en matière de biologie moléculaire permettent de reconstruire l'évolution à partir de l'analyse de données en provenance d'organismes actuels. Le séquençage comparatif de parties du génome domine aujourd'hui la biologie systématique. Néanmoins, les progrès de l'homme ont également provoqué la «crise de la biodiversité». La diversité d'espèces, en décroissance et perturbation rapide, devrait être inventoriée aussi rapidement que possible et pour tous les groupes d'organismes. Actuellement, la biosystématique doit plus que jamais trouver un équilibre entre progrès fondamental (reconstruction phylogénétique) et production rapide d'outils (flore et faune) pour les utilisateurs. Pour ces produits, la technologie de l'information permet de développer de nouveaux modèles.

KEYWORDS. — Biodiversity ; Phylogenetic Reconstruction ; Floristics ; Faunistics.

SUMMARY. — *Biodiversity Crisis and DNA Technology : Today's Challenges for Biological Systematics.* — Advances in molecular biology allow to reconstruct biological

* Directeur van de Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen ; hoogleraar U.I.A. ; departementshoofd Nationale Plantentuin van België ; Domein van Bouchout, B-1800 Meise (België).

evolution through the analysis of data stored in present-day organisms. Comparative sequencing of parts of the genome nowadays dominates systematic biology. However, human advances have also caused the “biodiversity crisis”. The species diversity — rapidly decreasing and more and more disturbed — should be inventoried as rapidly as possible and for all groups of organisms. Today, biosystematics should more than ever find a balance between advancement of in-depth knowledge (phylogenetic reconstruction) and rapid delivery of products for users (floristic and faunistic surveys). Information technology allows to develop new models for the latter.

Inleiding : biodiversiteit en biodiversiteitscrisis

Van nature, waarmee bedoeld wordt lang vóór de expansie van de menselijke soort, zijn de gematigde streken van de aarde gekenmerkt door relatief arme fauna's en flora's. De biodiversiteit van onze planeet is voor tenminste drie vierden aan te treffen in de streken met een subtropisch en tropisch klimaat. Algemene overwegingen over de moderne uitdagingen van het biodiversiteitsonderzoek zijn dan ook op hun plaats bij de opening van het academiejaar 2001-2002 van onze Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen.

Aan het thema ‘biodiversiteit’ zijn al zoveel woorden gewijd dat ik me kan beperken tot de definitie [1] * : de verscheidenheid aan soorten, de genetische variatie binnen hun populaties, en hun assemblage tot gemeenschappen en biomen (ROBBRECHT 1993b, RAPPE & ROBBRECHT 1999). De biodiversiteitscrisis werd door Edward Wilson gedefinieerd als de wetenschappelijke uitdaging om de snel achteruitgaande soortendiversiteit voor alle groepen organismen wereldwijd in kaart te brengen. Ziehier een aantal sleutelbeweringen uit een betoog dat de befaamde zoöloog op vele belangrijke congressen heeft gehouden (bijvoorbeeld WILSON 1988) :

- “ ... how many species of organisms are there on Earth ? We do not know, not even to the nearest order of magnitude.” — De schattingen van 300 000 soorten zaadplanten en 50 000 soorten gewervelde dieren zullen bij benadering correct zijn. Maar niemand durft het aantal insecten of het aantal schimmels zelfs ruwweg te schatten. Hun aantallen soorten lopen in de miljoenen.
- “Our current understanding of the causes of diversity is still crude.” — Waarom zijn er zoveel insecten te land en bijna geen in zee ? Is het totaal aantal organismen gedictieerd door de gesteldheid van onze planeet of door algemene evolutiewetten, of wat ?
- “There is a compelling practical argument for attempting a complete survey of diversity.” — We gebruiken nu hooguit een fractie van de organismen met potentieel economisch belang.

* De cijfers tussen haakjes verwijzen naar de noten p. 450.

- “Biological diversity is declining. ... The loss is most intense in the tropical rain forests.” — Regenwouden worden in deze context zo vaak geciteerd omdat het nu eenmaal de soortenrijkste en meest spectaculaire biomen van onze planeet zijn.
- “... neglect of species diversity retards other forms of biological research.” — Geen enkele ecooloog kan een onderzoeksprogramma opzetten als de soorten in zijn studiegebied niet gekend en benoemd zijn.

De biodiversiteitscrisis heeft dus twee facetten, enerzijds het probleem van de massale verdwijning van soorten in onze tijd (soms de ‘zesde golf van uitsterven’ genoemd; ANDERSON 1999), en anderzijds de ondermaatse taxonomische kennis.

Waarom blijft de systematische kennis ondermaats ?

De systematiek — de klassieke term voor de studie van de biodiversiteit, tenminste op het niveau van de soorten — is nochtans de oudste van alle biologische disciplines. De eerste grote synthese van de biosystematische kennis dateert al uit de achttiende eeuw. In zijn *Species Plantarum* gaf LINNAEUS (1753) het eerste grote overzicht van de kennis van de planten en somde hij zowat 7 700 soorten op, vooral zaadplanten. Vandaag kennen we van die categorie zowat driehonderdduizend soorten, maar nemen we toch aan dat er nog 10 % onbekend en onbeschreven zijn gebleven, zoals hierboven al bij monde van Wilson geciteerd.

Ondanks meer dan 250 jaar exploratie en taxonomisch onderzoek van de planeet, is haar systematische inventaris inderdaad bijlange na niet afgewerkt. Dat heeft niet te maken met een gebrek aan wetenschappelijke ijver, wel met de biologische evolutie die een bijna niet in te beelden en niet te schatten diversiteit heeft voortgebracht.

De oorzaak van het probleem is reeds lang bekend. Beroemde biologen verzochten reeds dat systematiek een steeds herkauwde synthese van de groeiende biologische kennis vertegenwoordigt, en deze wetenschap werd omschreven als een *unending synthesis* (CONSTANCE 1964), *an unachieved synthesis* (MERMULLER 1972) of zelfs *the stone of Sisyphus* (HEYWOOD 1974). Enerzijds zijn er op aarde zoveel soorten dat we de complete inventaris ervan amper hebben aangevangen, anderzijds bestaat er een groot spanningsveld tussen de wens van de gebruikers van de systematiek (“een afgewerkte systematische inventaris is een grote noodzaak”) en het standpunt van wetenschappers die systematiek bedrijven (“een goede classificatie moet de genealogie getrouw weerspiegelen”). Het verkrijgen van classificaties die ook fylogenetisch correct zijn vereist echter een grote en langdurige onderzoeksinspanning.

Eens te meer *New Systematics* — genomische systematiek

De verzuchting om de evolutie af te spiegelen in classificaties heeft inderdaad meegebracht dat de biologische systematiek steeds weer nieuwe en bredere domeinen van evidentie ging exploreren. HUXLEY (1940) lanceerde de term *New Systematics* voor een beweging die aandacht wilde hebben voor levende planten in populaties en genetische aspecten ervan, in plaats van alleen maar collectiestukken te vergelijken. Sindsdien hebben we steeds weer andere golven van nieuwe systematiek meegemaakt.

Het hedendaagse neusje van de zalm van deze wetenschap wordt aangeduid als 'moleculaire systematiek' of 'macromoleculaire systematiek', niet te verwarren met de chemosystematiek van de jaren 1970 die de secundaire plantengroeistoffen als evidentie gebruikte. Misschien moeten we, ter wille van dit onderscheid, de hedendaagse *molecular systematics* maar beter gaan aanduiden als 'nucleïnezuursystematiek' of 'genomische systematiek' (zie ook verder: 'moleculaire fylogenie').

De ontdekkingen die de ontwikkeling van de genomische systematiek mogelijk gemaakt hebben zijn welbekend. In 1953 ontdekten Watson en Crick de structuur van de macromolecule met de genetische informatie, het DNA. In 1965 reeds kende deze ontdekking haar *spin-off* voor het fylogenetisch onderzoek: ZUCKERKANDL & PAULING (1965) formuleerden de theorie van de 'moleculaire klok': de snelheid van de evolutie van de onderdelen van het genoom kan achterhaald worden, wat hypothesen over de ouderdom van verwantschaps-groepen van organismen toelaat. Een recent onderzoek ten gronde van de schatting van de ouderdom van de angiospermen, waarin fossiele gegevens vergeleken werden met de bepaalde evolutiesnelheden van het chloroplast-gen *rbcl* en van 18S ribosomaal DNA, toont echter aan hoe complex het is om uit dit soort gegevens ouderdomsbepalingen af te leiden (SANDERSON & DOYLE 2001).

Lopende projecten voor de ontrafeling van het gehele genoom van één organisme zijn nog uitermate beperkt, maar hebben steeds grote toegepaste waarde. Ze betreffen bijvoorbeeld de mens (zie The International Human Genome Mapping Consortium 2001), de economisch belangrijke gist *Saccharomyces cerevisiae* (OLSON *et al.* 1986) en de plant *Arabidopsis thaliana* die als model fungeert in veel fysiologisch en genetisch onderzoek. Het ontcijferen van de 135 miljoen basenparen van de vijf genen van de laatste soort werd in 2000 afgerond (The Arabidopsis Genome Initiative 2000).

Macromoleculaire systematiek is echter niet zozeer gebaat bij en geïnteresseerd in dit soort grootschalig genomonderzoek, maar wel in de vergelijkende sequentiebepaling van de basenpaarvolgorde van kleine fragmenten waarvoor empirisch vastgesteld is dat ze evolutieve reconstructies toelaten. Deze onderzoekstrend wordt vaak kortweg aangeduid als 'moleculaire fylogenie.' De reconstructie van de fylogenie met gebruik van deze technologie is de bijzonderste actuele trend geworden in de systematische biologie, veel meer dan het bepalen

van de ouderdom van groepen. Omdat niet alle onderdelen van het genoom met dezelfde snelheid ontwikkelen, beschikt men over moleculen die toelaten evolutionaire vraagstukken op alle taxonomische niveaus te onderzoeken. Op het hoogste niveau vonden WOESE *et al.* (1990) dat men boven de Rijken (Dieren, Planten, Fungi, ...) drie hoofdcategorieën moet erkennen, de Domeinen [2] Archaea, Bacteria and Eucarya. Zij baseerden zich hiervoor op evidentie uit de zeer langzame evolutie van kleine subeenheden van het ribosomaal DNA [3]. Een voorbeeld van een snel evoluerend nucleïnezuur is het chloroplast-DNA (cpDNA). Het is vandaag de meest gebruikte molecule voor fylogenetische reconstructies op de niveaus soort, genus en familie.

Mogelijkheden en resultaten van de genomische systematiek

De mogelijkheid tot grootschalige vergelijkende sequentiebepalingen heeft zich voorgedaan op een ogenblik dat ook de theoretische systematische biologie ontwikkelingen had doorgemaakt die een mathematische vergelijking van grote bestanden van gegevens mogelijk maakt. Met name de cladistische algoritmen voor fylogenetische reconstructie (zie bijvoorbeeld WILEY 1981) bleken zich zeer goed te lenen tot de verwerking van gegevensmatrices met sequentiebepalingen.

De resultaten van de genomische systematiek zijn verbazingwekkend tot schokkend en halen stevig ingeburgerde systematische concepten overhoop. Een onderzoek (The Angiosperm Phylogeny Group 1998) van het geheel van de bloemplanten (angiospermen) mondde niet alleen uit in veel nieuwe opvattingen over de begrenzing van plantenfamilies, maar ook in geheel nieuwe inzichten over de grote evolutionaire lijnen in deze plantengroep. De laatste resultaten stellen zelfs definitief het zo klassieke onderscheid tussen eenzaadlobbigen (monocotylen) en tweezaadlobbigen (dicotylen) in vraag. De eenzaadlobbigen bleven daarbij overeind als monofyletische groep, maar van de tweezaadlobbigen zou een aantal zogenaamde 'basale angiospermen' moeten afgesplitst worden, waartoe planten behoren als *Magnolia*, *Nymphaea* en *Aristolochia*. Op het niveau familie wil ik me tot één voorbeeld beperken: de welbekende grote plantenfamilie Scrophulariaceae werd verkaveld over nieuw geconcipieerde Plantaginaceae, Orobanchaceae en Scrophulariaceae in zeer enge zin.

De benaderingswijze van de genomische systematiek laat toe onvermoed veel vragen te beantwoorden. Ik wil dit met één enkel voorbeeld uit mijn eigen onderzoeksinteresse staven. In de door mij bestudeerde koffiefamilie (Rubiaceae [4]) komen drie genera voor met bacteriële bladgalletjes: *Psychotria*, *Pavetta* en *Sericanthe*. De merkwaardige plant-bacterie symbiose trok reeds zeer veel onderzoeks aandacht, die aantoonde dat de bacteriën een rol spelen bij de productie van plantenhormonen (MILLER 1990). De identiteit van de symbiotische bacterie kon echter nooit met zekerheid achterhaald worden, omdat men er eenvoudig niet in slaagde ze te isoleren en te kweken. Dat laatste is nog steeds niet

tot een goed einde gebracht. De natuur van de symbiotische cyclus en de nieuwe mogelijkheden van de genomische systematiek hebben ons echter toegelaten vast te stellen (VAN OEVELEN *et al.*, in druk) dat we te maken hebben met vertegenwoordigers van het genus *Burkholderia* (Proteobacteria β), dat zeer veel met planten geassocieerde soorten telt. Inderdaad, de bacteriën leven niet alleen in de galletjes, maar ook in de groeitop van de plant, vanwaaruit alle nieuwe bladeren (en bloemknoppen) ‘geïnfecteerd’ worden. We slaagden er nu in identiek bacterieel DNA te isoleren uit de beide organen — een bewijs dat het wel degelijk om symbiont-DNA gaat, en niet om een of andere bacterie die toevallig op het bladoppervlak leeft — om vervolgens via sequentiebepaling van 18sRNA de bacterie te identificeren. Vergelijkend onderzoek bij verschillende *Psychotria* soorten (VAN OEVELEN *et al.* 2002) liet vervolgens toe de coëvolutie tussen plant en bacterie aan te tonen.

‘Deep Morphology’

“The phylogenetic signals provided by molecules bring about new opportunities and challenges for evaluating morphological and anatomical characters, particularly in flowering plants.” Deze uitspraak staat te lezen in een studie (JANSEN *et al.* 2001) die één enkel houtanatomisch kenmerk [5] interpreteert in het licht van de nieuwe inzichten over de fylogenie van de angiospermen. De hele morfologie en anatomie en de evolutie van morfologische en anatomische kenmerken en eigenschappen moet opnieuw onder de loep worden gelegd in het licht van de nieuwe evolutieve ontdekkingen [6].

De nieuwe mogelijkheden van de genomische systematiek hebben bijgevolg een nieuw spanningsveld doen ontstaan : hoe kan het zeer tijdrovende werk van de beschrijvende systematicus-morfoloog-anatoom gelijke tred houden met de sterke bewijsvoering die de nieuwe discipline levert over het verloop van de evolutie ? Omgezet naar het boven aangehaalde voorbeeld : de morfologisch-anatomische (beschrijvende) herdenking van de nieuwe concepten Scrophulariaceae / Plantaginaceae / Orobanchaceae zal vermoedelijk een veel groter werkvolume vragen dan het moleculair-fylogenetisch onderzoek waarop deze concepten zijn gebaseerd.

Ik kan ook dit illustreren met een voorbeeld van mijn onderzoek (zie eindnoot 4) van de Rubiaceae. In 1988 stelde ik een nieuwe indeling van de familie voor in vier onderfamilies, gebaseerd op gecorrleerde evolutieve trends (ROBBRECHT 1988). Drie van de onderfamilies werden sindsdien door de genomische systematiek bevestigd, hoewel een beperkte herverdeling van de tribus over de onderfamilies noodzakelijk bleek. De vierde onderfamilie, de Antirheoideae, bleek polyfyletisch en moet over de drie overige onderfamilies worden verdeeld. Morfologisch gezien was deze onderfamilie nochtans de best herkenbare : ze was gekenmerkt door solitaire, hangende zaadbeginsels. De nieuwe fylogenetische

evidentie bewijst echter dat dit kenmerk tenminste een viertal malen is ontstaan (fig. 1). Nieuw morfologisch onderzoek zou de wegen waarlangs dit is gebeurd moeten blootleggen.

Afgaande op het succes van een recent symposium (Anonymus 2001) mag men niettemin verwachten dat een renaissance van de morfologie is aangebroken.

De fylogeografie

Er dringt zich nu een volgende vaststelling op. Soorten hebben geen statische verspreiding; klimaatwijzigingen en geografische veranderingen hebben zich steeds voorgedaan. De invloed van de ijstijden op de flora en vegetatie van Europa, met een naar het zuiden uitbreidende ijskap, is welbekend. Er is nu ook goed bewijs dat het effect tot de evenaar reikte. In de tropen brachten de ijstijden een verdroging en inkrimping van het regenwoudareaal mee. De flora van de regenbossen trok zich terug in refugia, van waaruit in gunstiger tijden het huidige bosareaal weer werd gekoloniseerd (MALEY 1987, WHITE 1993, ROBBRECHT 1996). Dit alles heeft een invloed op de vorming van soorten en op de omvang van hun arealen, met andere woorden: dit resulteert in micro-evolutieve gebeurtenissen.

Mijn volgende overweging is inderdaad dat ook de micro-evolutie kan worden gereconstrueerd door het gebruik van macromoleculaire merkers. We duiden dit studiedomein aan met de term fylogeografie, een samentrekking van fylogenese en biogeografie. Zulke studies van speciatie en migratie, en van expansie van soorten nadat ze ontstaan zijn, kunnen nu tot op een zeer verfijnd, infra-specifiek niveau uitgevoerd worden.

Het mag geen verwondering wekken dat de reuzenlobelia's reeds het voorwerp waren van dit soort onderzoek. Deze planten zijn niet alleen merkwaardig omwille van hun vreemde aanpassingen aan de koude, maar ook hun leefgebied (gebergten bij de evenaar) spreekt tot de verbeelding. Een analyse van het chloroplast DNA van alle eenentwintig Afrikaanse soorten (KNOX 1998) heeft aangetoond dat de groep in Afrika op de oostkust, in Tanzania, is aangekomen uit tropisch Azië om nadien te migreren en diversifiëren over alle gebergten om en rond de Afrikaanse slenk.

Een verdere component van de biodiversiteitscrisis

Op dit ogenblik van mijn betoog is het van belang vast te stellen dat de activiteiten van de mens, gewild en ongewild, een grote verstoring teweegbrengen van de natuurlijke verspreiding van het genetisch patrimonium van de wereld. De wereldwijde handel en de globalisering van de landbouw, de

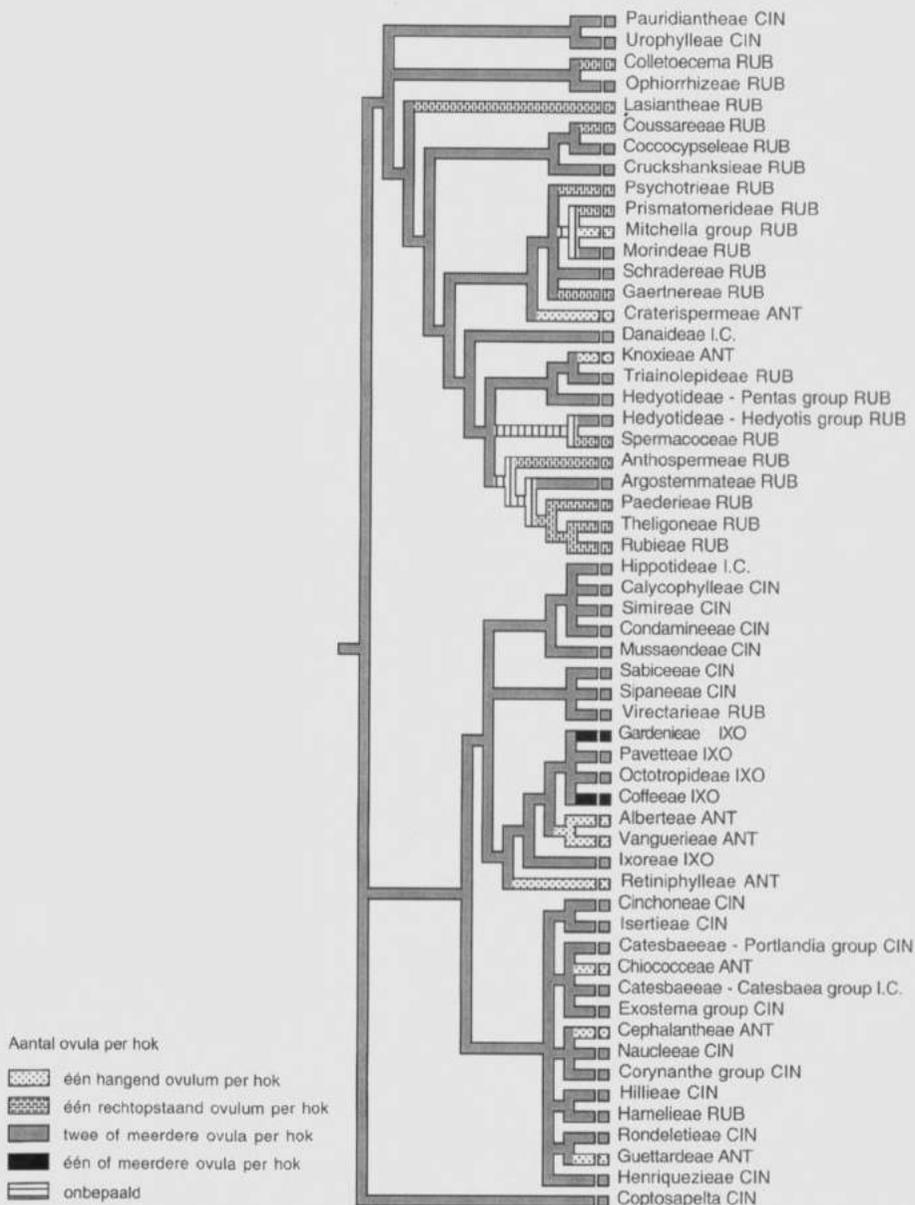


Fig. 1. — Consensus-cladogram van alle fylogenetische inzichten over de Rubiaceae (koffiefamilie), gebaseerd op genomisch systematisch onderzoek (uit JANSEN *et al.* 2002, gewijzigd); drie onderfamilies zijn te onderscheiden: Rubioideae (Pauridiantheae tot Rubieae), Ixoroideae (Hippotideae tot Retiniphyllaeae) en Cinchonoideae (Cinchoneae tot Henriquezieae). De afkortingen bij de tribusnamen vergelijken met de classificatie van ROBBRECHT (1988, 1994; RUB, IXO, CIN, dezelfde drie onderfamilies; ANT, onderfamilie Antirhoeideae). De uitzetting van drie morfologisch belangrijke kenmerken toont dat solitaire hangende of opgerichte zaadbeginsels – in het verleden gebruikt om onderfamilies te definiëren – in de evolutie diverse malen zijn ontstaan. Niet weergegeven: *Otiophora*, 1 zaadbeginsel/hok (Hedyotideae, *Pentas* groep); *Declieuxia*, 1-3 zaadbeginsels/hok (Coccocypseleae).

grootschalige transportsector te land, ter zee en in de lucht brengt zeer veel ongewilde verplaatsingen van diasporen mee. Dit kan resulteren in het efemeer opduiken van organismen ver buiten hun oorspronkelijke arealen, maar ook leiden tot 'invasieve soorten' die zich agressief verbreiden, soms wereldwijd. Ook van gewilde introducties kunnen talloze voorbeelden worden gegeven ; maar al te vaak zijn 'sierplanten' en 'huisdieren' buiten hun oorspronkelijk verspreidingsgebied tot de wilde staat teruggekeerd.

De huidige trend van het natuurlijk tuinieren (*wild gardening*) ligt in dezelfde lijn, en houdt zo mogelijk nog grotere gevaren tot 'vervalsing' van de flora en fauna in. In een rapport voor de EU waarschuwde LAMBINON (1997) voor de verstoring van natuurlijke populatiepatronen door gebruik van allochtoon materiaal bij natuurontwikkeling. Dit probleem bestaat op heden vooral in de gematigde gebieden, maar de gevaren bedreigen ook de tropen en subtropen. *Wild gardening* kent in landen als Zuid-Afrika en Australië een toenemende populariteit.

Natuurontwikkelaars moeten er bij (her)introductie van soorten over waken autochtoon materiaal te gebruiken ; onder autochtoon materiaal moet dan verstaan worden genetisch materiaal van (op zijn minst ongeveer) hetzelfde herkomstgebied.

Hiermee ben ik aanbeland bij een evidente andere component van de biodiversiteitscrisis : de menselijke verstoring van de natuurlijke processen van de (micro-)evolutie is zo groot dat in veel gevallen een bedreiging rust op het 'genetisch archief' van de fylogeografische feiten.

Uitdagingen voor de biologische systematiek anno 2001

Ieder individu van elke soort organisme op deze planeet bevat een 'geheime code' die de bioloog nu kan ontcijferen. Ze verschaft informatie over de afstamming van dat individu. Dezelfde code laat toe te achterhalen waar soorten zijn ontstaan, hoe ze hebben gemigreerd, ... Deze mogelijkheden zijn te danken aan de enorme vooruitgang van de moleculaire biologie sinds de ontdekking van de code door Watson en Crick.

Tegelijkertijd creëert de groei van de technologie het dilemma dat deze wetenschappelijke mogelijkheden ons geboden worden op een ogenblik dat de menselijke druk op de planeet zo groot is dat we ooggetuige zijn van een verlies aan biodiversiteit dat zijn weerga niet kent, maar ook op een ogenblik dat de mens ongewild en gewild de natuurlijke processen van de evolutie en migratie van populaties grondig beïnvloedt.

Om de ontoereikende algemene kennis van de biodiversiteit verder te illustreren gebruik ik cijfermateriaal, eveneens geput uit het onderzoek van de Nationale Plantentuin over de diversiteit van de koffiefamilie (zie eindnoot 4), waarvan voor het ogenblik onder meer de paleotropische tribus *Ixoreae* (bijvoorbeeld

DE BLOCK 1998) en Pavetteae bestudeerd worden. Voor het laatste tribus is het biologische schatteneiland Madagascar een echte *hot spot* (tab. 1). Ons onderzoek bracht grote aantallen nieuwigheden aan het licht : 59 % van de meer dan honderd soorten zijn nog onbeschreven, en hun rangschikking in genera moet geheel worden herzien. Dat van een groep van de bloemplanten de helft onbeschreven is gebleven tot het jaar 2000 is ongewoon, maar zeker geen alleenstaand feit. Op wereldschaal zijn allicht nog 10 % van de bloemplanten onbeschreven gebleven ; daarbij komt nog dat een flink aantal soorten bloemplanten alleen maar gedocumenteerd is door een paar gedroogde collectietukken. Daalt men af naar de lagere planten, door hun grootte dikwijls alleen waar te nemen door zeer gerichte prospectie, dan stijgt dit percentage onbeschreven soorten zeer snel.

Tabel 1

Monografische bewerking van de Madagaskische vertegenwoordigers van de tribus Ixoreae en Pavetteae (Rubiaceae) : vergelijking tussen in de literatuur gekende soortenrijkdom ("beschreven vóór 2000") en de aantallen soorten gebaseerd op lopend taxonomisch onderzoek aan de Nationale Plantentuin

Genus	Aantal soorten		
	In Madagascar	Beschreven vóór 2000	Nieuw voor de wetenschap***
Coptosperma **	40	5	35
Ixora	40	25	15
Homollea	3	3	0
Homoliella **	5	1	4
Paracephaelis **	7	3	4
Tarenna **	10	5	5
Schizenterospermum **	4	4	0
Robbrechtia *	2	0	2
Helictosperma *	3	1	2
Totaal : 9 genera	114	47 41%	67 59%

* nieuwe genera

** nieuwe genusopvattingen

*** soorten aan het licht gebracht door onuitgegeven resultaten van P. De Block

De onafgewerkte staat van de eenvoudige inventaris van de soorten organismen op onze planeet staat in schril contrast met de 'genocentrische' fylogenetische mode van vandaag. Een korte analyse van jaargang 2000 van *Systematic Botany*, een van de toptijdschriften in het domein van de systematische plantkunde, toont aan dat van de 47 verschenen artikels er 30 (64 %) gewijd zijn aan

op DNA gebaseerde fylogenetische overwegingen. Zes andere artikels (13 %) gebruiken bijzondere evidentie (chromosomen, isozymstudies, ...) om nieuwe inzichten te leveren over reeds lang bekende plantengroepen. Slechts elf artikels (23 %) brengen bijdragen tot de beschrijvende plantkunde. Ik confronteer deze verdeling van de onderzoeks aandacht graag met twee uitspraken :

“ ... if each biologist wishes to maintain a rich and interesting world to study ..., we cannot afford the luxury of ignoring those most basic of all biological skills – taxonomy and the knowledge of which species live where” (PIMM & LAWTON 1998).

“Phylogenetic reconstruction, currently the dominating focus of systematics, obviously is worth doing, but more scientifically important and far more urgent for human welfare is the description and mapping of the world biota” (WILSON 2000).

De ondermaatse aandacht voor de inventariserende en beschrijvende systematiek heeft natuurlijk ook een oorzaak. Ten dele moet de systematicus de hand in eigen boezem steken : floraprojecten zijn vaak oubollig, grootschalig en traag. De systematiek moet actief naar middelen zoeken om de beschrijvende en inventariserende component van haar discipline op te tillen naar een hedendaags niveau. Met de snelle verspreiding van de informatietechnologie staan we duidelijk op de drempel van de tijd dat flora's kunnen uitgroeien tot informatiesystemen : “The international community of systematic botany is in the process of entering a networked, digital environment that ... will dominate all aspects of scientific activity in the future” (WILSON 2001). De informatietechnologische behandeling van plantennamen op het internet is reeds een feit : de *International Plant Name Index* (<http://www.ipni.org/>) integreert op uitermate toegankelijke manier de gegevens uit drie belangrijke gedrukte bronnen, de *Index Kewensis*, de *Gray Card Index* en de *Australian Plant Names Index*. Op het zuiver beschrijvende vlak staan sinds geruime tijd middelen ter beschikking om ook dit onderdeel van de systematiek op eigentijdse manier uit te voeren. Het DELTA systeem (DEscription Language for TAXonomy ; <http://www.calm.wa.gov.au/science/delta/index.html>) laat op zeer flexibele wijze toe taxonomische beschrijvingen te encoderen voor allerlei geautomatiseerde toepassingen, en ontwikkelt zich tot een wereldstandaard voor beschrijvend biologisch werk. WILSON (2001) geeft reeds een lange opsomming van Amerikaanse digitale flora's die op het web gedetailleerde lokale floristische informatie aanbieden. De lopende grootschalige monografische florareeksen voor de tropen kunnen hier zeker een bron van inspiratie voor vernieuwing aanboren.

De bijzonderste uitdaging voor de biologische systematiek van vandaag bestaat erin alle onderdelen van de discipline ten volle te professionaliseren, opdat ook de zo noodzakelijke inventariserende floristische en faunistische projecten de nieuwe generatie onderzoekers zouden aantrekken en de geldschietters overtuigen.

NOTEN

- [1] Met de conventie van Rio kwam het begrip biodiversiteit ook in de volle politieke en internationale aandacht. Voor een bespreking van dit facet verwijs ik naar VAN GOETHEM (1999).
- [2] De 'Domeinen' van WOESE *et al.* (1990) zou men beter aanduiden als 'Superrijken.' Het is gebruikelijk om met voorvoegsels (sub-, super-) het aantal taxonomische rangen uit te breiden. Bovendien is het Domein reeds een rang (beneden die van het Florarijck) in de hiërarchie van de fyto geografie.
- [3] De drager van de genetische informatie, het DNA, is inderdaad niet alleen in de celkern aan te treffen. Celorganellen zoals ribosomen en chloroplasten zijn oorspronkelijk vrijlevende organismen die ooit door endosymbiose zijn opgenomen in de cel. Als dusdanig zijn organellen nog steeds met een kleine hoeveelheid nucleïne zuren uitgerust. De endosymbiosetheorie werd verdedigd door Margulis, die de referenties van haar werk ook opgeeft in een lezenswaardig populariserend verslag over haar ontdekkingen (MARGULIS 1999).
- [4] De koffiefamilie, wetenschappelijke naam Rubiaceae, telt ongeveer 650 genera en 12 000 soorten en is daarmee bijna zo groot als de welbekende composieten en orchideeën. De Rubiaceae komen vooral in de tropen voor en hebben meestal bloemen die niet zeer opvallend zijn — twee redenen die de relatieve onbekendheid van de familie verklaren. De koffiefamilie, de vierde grootste van de bloemplanten, is al meer dan 80 jaar een aandachtsgroep in het onderzoek van de Nationale Plantentuin van België (zie ROBBRECHT 1993a).
- [5] JANSEN *et al.* (2001) onderzochten met name de interpretatie van de variatie van de bekleeding van stippels — een kenmerk van hofstippels in houtvaten — in het licht van de geciteerde nieuwe inzichten in de fylogenie van de angiospermen.
- [6] Onafgezien van dit alles is een overige complicatie dat de nieuwe evidentie bewijst dat de evolutie meestal op een meer ingewikkelde manier is verlopen dan men tot heden heeft aangenomen. Haar vertaling in een taxonomische hiërarchie is dan ook niet eenvoudig. Sommigen stellen zelfs voor dat een geheel nieuw stel nomenclatuurregels (de 'PhyloCode') noodzakelijk is om dit te realiseren (CANTINO & QUEIROZ 2000).

DANKWOORD

Ik dank mijn medewerkers P. De Block, J. Degreef, S. Desein en S. Jansen voor hulp, discussie en aanlevering van gegevens.

REFERENTIES

- ANDERSON, M. 1999. Towards Gondwana alive. — Gondwana Alive Society, Pretoria, 140 pp.
- Anonymus 2001. IAPT Symposium "Deep Morphology : towards a renaissance of morphology in plant systematics", a success. — *Taxon* 50 : 1283-1285.
- CANTINO, P. D. & DE QUEIROZ, K. 2000. PhyloCode : a phylogenetic code of biological nomenclature [<http://www.ohiou.edu/phylocode/>].

- CONSTANCE, L. 1964. Systematic botany – an unending synthesis. — *Taxon*, **13** : 257-273.
- DE BLOCK, P. 1998. The African species of *Ixora* (Rubiaceae - Pavetteae). — *Opera Bot. Belg.*, **9** : 1-217.
- HEYWOOD, V.H. 1774. Systematics – the stone of Sisyphus. — *Biol. J. Linn. Soc.*, **6** : 169-178.
- HUXLEY, J. (Ed.) 1940. The new systematics. — Oxford University Press.
- JANSEN, S., BAAS, P. & SMETS, E. 2001. Vestured pits : their occurrence and systematic importance in eudicots. — *Taxon* **50** : 135-167.
- JANSEN, S., ROBBRECHT, E., BEECKMAN, H. & SMETS, E. 2002. A survey of the systematic wood anatomy of the Rubiaceae. — *IAWA J.*, **23** : 1-67.
- KNOX, E.B. 1998. Chloroplast DNA evidence on the origin and radiation of the giant *Lobelias* in eastern Africa. — *Syst. Bot.*, **23** : 109-149.
- LAMBINON, J. 1997. Introduction of non-native plants into the natural environment. — Nature & environment 87, Council of Europe Publishing.
- LINNAEUS, C. 1753. *Species Plantarum*, exhibentes plantas rite cognitatas, ad genera relatas, ... Facsimile 1957, The Ray Society, London.
- MALEY, J. 1987. Fragmentation de la forêt dense humide africaine et extension des biotopes montagnards au Quaternaire récent : nouvelles données polliniques et chronologiques. Implications paléoclimatiques et biogéographiques. — In : COETZEE, J.A. (Ed.), *Palaeoecology of Africa* **18**. Balkema, Rotterdam, pp. 307-334.
- MARGULIS, L. 1999. De symbiotische planeet. Een nieuwe kijk op de evolutie. — Contact Amsterdam, Antwerpen.
- MERXMULLER, H. 1972. Systematic Botany – an unachieved synthesis. — *Biol. J. Linn. Soc.*, **4** : 311-321.
- MILLER, I. M. 1990. Bacterial leaf nodule symbiosis. — *Adv. Bot. Research*, **17** : 163-243.
- OLSON, M. V. *et al.* 1986. Random-clone strategy for genomic restriction mapping in yeast. — *Proc. Natl Acad. Sci. USA*, **83** : 7826-7830.
- PIMM, S.L. & LAWTON, J.H. 1998. Planning for biodiversity. — *Science*, **279** : 2068-2069.
- RAPPE, G. & ROBBRECHT, E. 1999. Biodiversité : un terme à la mode. — *Naturalistes belges*, **80** : 49-60.
- ROBBRECHT, E. 1988. Tropical woody Rubiaceae. Characteristic features and progressions. Contributions to a new subfamilial classification. — *Opera Bot. Belg.*, **1** : 272.
- ROBBRECHT, E. 1993a. Seventy years of systematics of tropical Rubiaceae at the National Botanic Garden. — *Bull. Nat. Plantentuin Belg.*, **62** : 7-34.
- ROBBRECHT, E. 1993b. Botanische tuinen en het behoud van de tropische biodiversiteit. — *Meded. Zitt. K. Acad. overzeese Wet.*, **38** (2) : 269-285.
- ROBBRECHT, E. 1994. Supplement to the 1988 outline of the classification of the Rubiaceae. Index to genera. — *Opera Bot. Belg.*, **6** : 173-196.
- ROBBRECHT, E. 1996. Geography of African Rubiaceae with reference to glacial rain forest refuges. — In : VAN DER MAESEN, L.J.G., VAN DER BURGT, X.M. & VAN MEDENBACH DE ROOY, J.M. (Eds.), *The biodiversity of African Plants*, Kluwer, Dordrecht, pp. 564-581.
- SANDERSON, M.-J. & DOYLE, J.A. 2001. Sources of error and confidence intervals in estimating the age of angiosperms from rbcL and 18S rDNA data. — *Am. J. Bot.*, **88** : 499-516.
- The Angiosperm Phylogeny Group 1998. An ordinal classification for the families of flowering plants. — *Ann. Missouri Bot. Garden*, **85** : 531-553.

- The Arabidopsis Genome Initiative 2000. Analysis of the genome sequence of the flowering plant *Arabidopsis thaliana*. — *Nature*, **408** : 796-815.
- The International Human Genome Mapping Consortium 2001. A physical map of the human genome. — *Nature*, **409** : 934-941.
- VAN GOETHEM, J. 1999. Het Verdrag inzake Biologische Diversiteit en de opvolging ervan in België. — *Biol. Jaarb. Dodonaea*, **66** : 49-88.
- VAN OEVELEN, S., PRINSEN, E., DE WACHTER, R. & ROBBRECHT, E. 2002. The taxonomic value of bacterial symbiont identification in African *Psychotria* (Rubiaceae). — *Syst. Geogr. Pl.*, **71** (2) : 557-564.
- VAN OEVELEN, S., DE WACHTER, R., VANDAMME, P., ROBBRECHT, E. & PRINSEN, E. (in druk) Identification of the bacterial endosymbionts in leaf galls of *Psychotria* (Rubiaceae, angiosperms) and proposal of 'Candidatus *Burkholderia kirkii*'. — *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.*
- WHITE, F. 1993. Refuge theory, ice-age aridity and the history of tropical biotas : an essay in plant-geography. — *Fragm. Flor. Geobot.*, **2** (2-suppl.) : 385-409.
- WILEY, E.O. 1981. Phylogenetics. The theory and practice of phylogenetic systematics. — Wiley-Interscience, New York.
- WILSON, E.O. 1988. The biodiversity crisis : a challenge to science. — *Symb. Bot. Upsal.*, **28** (3) : 5-12.
- WILSON, E.O. 2000. On the future of conservation biology. — *Conservation Biol.*, **14** : 1-3.
- WILSON, H.D. 2001. Informatics : new media and paths of data flow. — *Taxon* **50** : 381-387.
- WOESE, C.R., KANDLER, O. & WHEELIS, M. 1990. Towards a natural system of organisms : proposal for the domains Archaea, Bacteria and Eucarya. — *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, **87** : 4576-4579.
- ZUCKERKANDL, E. & PAULING, L. 1965. Molecules as documents of evolutionary history. — *J. Theor. Biol.*, **8** : 357-366.

**Verslag over de werkzaamheden van de Academie
(2000-2001)**
**Rapport sur les activités de l'Académie
(2000 - 2001)**

door / par

Yola VERHASSELT*

Monsieur le Président, Excellences, Messieurs les Secrétaires perpétuels et perpétuel honoraire des Académies, chers Consœurs et Confrères, Mesdames et Messieurs,

Doy la bienvenida a los Embajadores a quienes agradezco mucho su presencia.

I welcome the Ambassadors whose presence today is greatly appreciated.

C'est pour moi un plaisir et un privilège de vous retrouver en aussi grand nombre dans ce splendide auditorium mis à notre disposition par la banque Fortis. Qu'il me soit ici permis de lui exprimer tous mes remerciements.

A l'aube de ce troisième millénaire, il m'appartient de vous présenter ce rapport qui témoigne de l'évolution constante de notre Compagnie. La mise en place des innovations, que j'avais annoncées l'année dernière, s'est poursuivie.

Tijdens het afgelopen jaar vonden heel wat schokkende gebeurtenissen plaats in de wereld, sommige zeer spectaculair, andere drama's haalden minder de belangstelling. Het is duidelijk dat het onderzoek over overzeese gebieden in ruime mate kan bijdragen tot een betere kennis van het wereldgebeuren en bijgevolg tot een mogelijke conflictpreventie.

En cette fin d'année 2001, notre Académie comporte 287 membres, dont 2 membres d'honneur, 111 titulaires et titulaires honoraires, 80 associés et associés honoraires, ainsi que 94 correspondants et correspondants honoraires.

Het voorzitterschap van onze Academie wordt dit jaar waargenomen door Professor Hugo Baetens Beardsmore, behorend tot de Klasse voor Morele en Politieke Wetenschappen. Volgend jaar zal de Heer Michel Deliens, Afdelingshoofd van het Koninklijk Instituut voor Natuurwetenschappen, deze taak op zich nemen.

Sta mij toe vooreerst over te gaan tot de samenstelling van het Bureau van de Klassen :

* Vast Secretaris van de Academie, Defacqzstraat 1 bus 3, B-1000 Brussel (België). — Secrétaire perpétuelle de l'Académie, rue Defacqz 1, boîte 3, B-1000 Bruxelles (Belgique).

Klasse voor Morele en Politieke Wetenschappen :

Classe des Sciences morales et politiques :

Directeur : Hugo Baetens Beardsmore

Vice-Directeur : Robert Anciaux

Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen :

Classe des Sciences naturelles et médicales :

Directeur : Elmar Robbrecht

Vice-Directeur : Michel Deliens

Klasse voor Technische Wetenschappen :

Classe des Sciences techniques :

Directeur : William Van Impe

Vice-Directeur : Francis Thirion

Pour suivre, il me faut hélas vous annoncer de pénibles nouvelles. Cinq de nos Confrères nous ont quittés dernièrement :

Monsieur Théodore MONOD, membre correspondant honoraire de la Classe des Sciences naturelles et médicales, est décédé le 22 novembre 2000. Grand humaniste, auteur de multiples ouvrages consacrés pour la plupart au désert du Sahara, M. Monod fut notamment membre de l'Institut de France, professeur au Musée national d'Histoire naturelle et directeur de l'Institut Fondamental d'Afrique Noire (IFAN). Son éloge, prononcé par notre Confrère Jean-Jacques Symoens, Secrétaire perpétuel honoraire, à la séance du 26 juin 2001, paraîtra prochainement dans *le Bulletin des Séances*, publication trimestrielle de l'Académie.

Onze Confrater Albertus BAPTIST, overleden op 27 december 2000, was geassocieerd lid van de Klasse voor Morele en Politieke Wetenschappen. Als landbouwingenieur was de Heer Baptist gewoon hoogleraar en daarna rector van de Universiteit Gent. In opdracht van het INEAC ging hij op zending naar Belgisch Congo. De Heer Baptist had de wens uitgedrukt dat bij zijn overlijden geen lofrede zou worden uitgesproken.

Membre associé honoraire de la Classe des Sciences techniques, notre Confrère Walther BOURGEOIS est décédé le 26 février 2001. Diplômé ingénieur civil des mines et ingénieur électricien de la Faculté polytechnique de Mons, il fut recteur de l'Université officielle du Congo belge et du Ruanda-Urundi, puis professeur ordinaire à l'Université libre de Bruxelles. Son éloge sera prononcé par notre Confrère R. Tillé.

Monsieur Jean-Pierre GOSSE, membre associé honoraire de la Classe des Sciences naturelles et médicales, s'est éteint le 6 mai 2001. Il fut engagé à la Division d'Hydrobiologie de l'INEAC à Yangambi dont il assura la direction de 1952 à 1960. Auteur d'une série de publications relatives à l'ichtyologie,

M. Gosse a été Chef de Section à l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique. Il a exprimé le vœu que son décès ne fasse l'objet d'aucune cérémonie d'éloge.

Notre Confrère Jean CHARLIER, membre titulaire honoraire de la Classe des Sciences techniques, nous a quittés le 14 juin 2001. Ses activités outre-mer l'ont mené dès 1951 au Congo belge où il participa à diverses études visant à l'amélioration des infrastructures de transport fluvial et de liaisons ferroviaires. Après avoir mené à bien divers projets portuaires, M. Charlier devint maître de conférences à la Faculté des Sciences appliquées de l'Université catholique de Louvain, puis fut nommé directeur général du Bureau d'études SEGES. Depuis 1987, il était ingénieur-conseil indépendant. Membre des plus assidus au sein de notre Académie, dont il fut Président en 1976, il collabora en outre activement à la Commission de Biographie et assumait la tâche de commissaire aux comptes pendant de nombreuses années. Son éloge sera prononcé par nos Confrères E. Cuypers, H. Paelinck et J. J. Peters.

Puis-je vous inviter, par quelques instants de recueillement, à honorer la mémoire de nos Confrères disparus.

Publications

Reflet majeur des activités de notre Académie, ses publications sont là pour attester son inlassable vitalité.

Au nombre des nouveaux ouvrages parus dans la série des *Mémoires*, signalons :

Classe des Sciences morales et politiques :

Louis-François VANDERSTRAETEN : La répression de la révolte des Pende du Kwango en 1931.

Sabine MUND : Les rapports complexes de l'*Historia verdadera* de Bernal Díaz avec la vérité.

Classe des Sciences naturelles et médicales :

Pieter G. JANSSENS, Marc WERY & Sonia PASKOFF : Adrien Charles Loir. Pasteurien de première génération.

En ce qui concerne le *Bulletin des Séances*, notre publication trimestrielle où s'impriment les textes des exposés donnés lors des séances des Classes, deux numéros ont récemment paru : **46** (3) et **46** (4). L'Annuaire 2001 a été publié. Sortiront encore cette année : le **47** (2), ainsi que les Tables quinquennales 1995 - 1999.

Les actes de plusieurs symposiums ou journées d'étude devraient très prochainement voir le jour, à savoir :

- Millenarian Movements in Africa and the Diaspora
- Science and Tradition : Roots and Wings for Development
- El Sistema del Lago Titicaca

Activités

Importantes et multiples sont les activités qui se sont déroulées depuis fin 2000 et celles prévues dans les prochains mois.

De concert avec l'Association belge des Africanistes, s'est tenue à Bruxelles, les 30 novembre et 1^{er} décembre 2000, une Conférence internationale sur le thème *Mouvements millénaristes en Afrique et la diaspora*. Sujet complexe et délicat auquel de nombreux intervenants ont apporté leur contribution. La publication des actes est prévue pour cette année.

Sustainable Agriculture in the Third World : Defining a Role for Transgenic Crops and Research is the subject of a seminar dedicated to Genetically Modified Organisms (GMO) on 26th & 27th March 2001 by the «Conseil fédéral du Développement durable», the «Conseil interuniversitaire de la Communauté française de Belgique (CIUF)» and the «Vlaamse Interuniversitaire Raad (VLIR)». The publication of the proceedings of this seminar, including contributions by several of our members, is being undertaken by the Academy.

On 5th & 6th April 2001 we organized together with Unesco an international conference at the «Palais des Académies» : *Science and Tradition : Roots and Wings for Development*. Many overseas specialists attended the meeting, including several of our corresponding members. This particular gathering was a continuation of the *World Conference on Science. Science for the 21st Century : a New Commitment* which was held in Budapest in 1999.

May I recall that, for the preparation of this Conference, we organized in 1998, together with UNESCO and the Third World Academy of Science (TWAS), an international Symposium on *Science and Development : Prospects for the 21st Century*.

Por fin un simposio internacional sobre *El Sistema del Lago Titicaca* tuvo lugar en Bolivia, en mayo de este año. Este coloquio, co-organizado con la Academia Nacional de Ciencias de Bolivia, constituye la primera realización concreta de un convenio de cooperación firmado en octubre de 2000 entre esa Academia y la nuestra. Ese simposio reunió a muchos científicos entre los cuales un gran número de jóvenes investigadores. Participaron conferenciantes bolivianos y peruanos, así como varios miembros nuestros. Las Actas, que se publicarán en español, estarán co-editadas por ambas Academias.

En Argentina, en Buenos Aires, tendrá lugar en el mes de noviembre de este año, por iniciativa del Ministerio de Asuntos Exteriores, un coloquio científico y tecnológico. Nuestra Academia se encarga de la coordinación científica.

Among future activities we would like to mention the following. As part of the "Environment and Development" Commission, recently created within the Academy, two activities are emerging :

- A second international Conference will be organized jointly with the Belgian Royal Meteorological Institute on 12, 13 and 14 December 2001 on the topic of *Tropical Climatology, Meteorology and Hydrology*. A first conference on a similar topic took place in 1996 and it was a great success.
- On 6 March 2002, there will be a seminar dedicated to *The Evolution of Tropical Soil Science : Past and Future*.

Monsieur le Président,
Mesdames et Messieurs,

Outre la banque Fortis, à qui je renouvelle ici notre gratitude de nous avoir permis de tenir notre séance plénière dans ce lieu prestigieux, je tiens à exprimer ma reconnaissance à :

- Notre Ministre de tutelle et aux Services fédéraux des Affaires scientifiques, techniques et culturelles ;
- Nos Confrères, Consœurs et aux orateurs invités qui, tous, ont contribué au bon déroulement des séances publiques et des séances de Classe ;
- Tous les membres de nos Commissions, groupes de travail et jurys, dont le dévouement est très apprécié ;
- Tout le personnel du secrétariat qui, cette année, a connu quelques mouvements. Je les félicite sincèrement pour leur dévouement et — je tiens à le souligner — leur courage.

Fonds et Prix

Il m'est agréable de vous communiquer que, cette année, deux bourses ont pu être attribuées par le Fonds Floribert Jurion. L'objectif de ce fonds est de contribuer à la formation des étudiants en agronomie ou en médecine vétérinaire en leur offrant la possibilité d'effectuer un stage dans un pays d'outre-mer.

La première bourse est octroyée à Madame Aurélie GOBERT, de la Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux, pour son projet traitant de la «Mise au point d'une méthode d'assistance à la régénération des essences commerciales du Gabon».

Le bénéficiaire de la seconde bourse est Monsieur Louis HAUTIER, de la même université, pour son projet sur l'«Evaluation de la biodiversité de l'entomofaune circulante au sein d'associations culturelles en Afrique de l'Ouest».

Met Uw goedvinden, Mijnheer de Voorzitter, gaan wij nu over tot de uitreiking van de prijzen aan de laureaten van de Wedstrijd 2001 :

Voor zijn werk „On the Move : Mobility, Land Use and Livelihood Practices on the Central Plateau in Burkina Faso” werd de Heer Marc BREUSERS (Landbouwwuniversiteit Wageningen) bekroond door de Klasse voor Morele en Politieke Wetenschappen.

De Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen kende een prijs toe aan de Heer Farid DAHDOUH-GUEBAS (VUB) voor zijn studie „Mangrove Vegetation Structure Dynamics and Regeneration”.

Beide wetenschappers dragen voortaan de titel „Laureaat van de Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen”.

De prijs van het Fonds voor Havenstudies Directeur-generaal Fernand Suykens (gewezen voorzitter van de Academie) werd ingericht met het doel studies over zeehavens in het algemeen en in de ontwikkelingslanden in het bijzonder te bevorderen.

Deze driejaarlijkse prijs ter waarde van 2 479 EUR of 100 000 BEF werd toegekend aan Dr. Theo Notteboom, docent vakgroep transport en ruimtelijke ordening aan de Universiteit Antwerpen, voor zijn studie „De invloed van ruimtelijke en logistieke ontwikkelingen in het voorland-achterlandcontinuüm op de positie en functie van zeehavens”.

Classe des Sciences morales et politiques

Klasse voor Morele en Politieke Wetenschappen

De Vroege IJzertijd in Luristan, West-Iran. Resultaten van vijftien jaar onderzoek door de „Belgische Archeologische Missie in Iran”*

door

Bruno OVERLAET**

TREFWOORDEN. — Archeologie ; IJzertijd ; Iran ; Luristan ; Nabije Oosten.

SAMENVATTING. — De IJzertijd in Luristan (ca. 1300/1250 - 600 v. Chr) vormt een culturele breuk met de voorafgaandelijke Bronstijd. Het gebied werd vooral bekend omwille van de plunderingen van necropolen waaruit de „bronzen van Luristan” afkomstig zijn die zich nu in talloze musea bevinden. Van 1965 tot 1979 werden er door de Belgische Archeologische Missie in Iran opgravingen ondernomen. Dit heeft geleid tot opmerkelijke resultaten. De kenmerkende Luristan bronzen met hun complexe iconografie, behoren tot de Vroege IJzertijd (ca. 1300/1250 - 800/750 v. Chr.). Een aantal hypothesen kunnen geformuleerd worden. Zo wijzen de gegevens op een sedentaire of mogelijk deels semi-nomadische levenswijze, eerder dan op het meestal voorgestelde nomadisme. Klimatologische veranderingen hebben mogelijk een oorzakelijk verband met de demografische en culturele wijzigingen die archeologisch worden vastgesteld.

MOTS-CLES. — Archéologie ; Age du Fer ; Iran ; Luristan ; Proche-Orient.

RESUME. — *L'Age du Fer dans le Luristan, Iran occidental. Résultats de quinze années de recherche archéologique par la «Mission Archéologique belge en Iran».* — L'Age du Fer au Luristan (ca. 1300/1250 - 600 av. notre ère) forme une rupture culturelle avec l'Age du Bronze antérieur. Le Luristan est surtout connu pour ses «bronzes». Ces antiquités, qu'on retrouve maintenant dans d'innombrables musées, proviennent de cimetières pillés. La Mission Archéologique belge en Iran a entrepris des fouilles dans le Luristan de 1965 à 1979. Les résultats obtenus ont été remarquables. Les bronzes du Luristan avec leur iconographie caractéristique et complexe peuvent être datés de l'Age du Fer Ancien (ca. 1300/1250 - 800/750 av. notre ère). Il est possible de formuler plusieurs hypothèses. Les données disponibles indiquent que la population du Luristan à l'Age du Fer avait un mode de vie sédentaire ou semi-sédentaire, plutôt que nomade, contrairement à ce qui a été souvent avancé. Les variations climatologiques ont probablement joué un rôle important dans les changements démographiques et culturels à l'Age du Fer, ce que démontrent les données archéologiques.

* Mededeling voorgelegd tijdens de zitting van de Klasse voor Morele en Politieke Wetenschappen van 20 maart 2001. Tekst ontvangen op 15 januari 2002.

** Laureaat Wedstrijd 2001 ; Koninklijke Musea voor Kunst en Geschiedenis (Brussel).

KEYWORDS. — Archaeology ; Iron Age ; Iran ; Luristan ; Near East.

SUMMARY. — *The Early Iron Age in Luristan, West Iran. Results of Fifteen Years of Archaeological Research by the "Belgian Archaeological Mission in Iran"*. — A cultural break with the preceding Bronze Age can be observed in Luristan in the Iron Age (ca. 1300/1250 - 600 BC). Luristan is particularly famous for its "bronzes". These antiquities come from plundered cemeteries and can now be found in many museums. The Belgian Archaeological Mission in Iran excavated in Luristan from 1965 until 1979. This has produced remarkable results. The characteristic Luristan bronzes with their complex iconography can now be dated to the Early Iron Age (ca. 1300/1250 - 800/750 BC). A certain number of hypotheses can be put forward. The available data indicate that the Luristan Iron Age population had a sedentary, or possibly semi-sedentary way of life, rather than the nomadic lifestyle which is usually suggested. Climatic variations are thought to have played an important role in the demographic and cultural changes of the Iron Age which are detectable from the archaeological records.

*
* *

Van 1965 tot 1979 heeft de Belgische Archeologische Missie in Iran (BAMI), destijds onder leiding van wijlen Louis Vanden Berghe, archeologisch veldwerk verricht in de Pusht-i Kuh regio van Luristan. De opgraver had de lovenswaardige gewoonte zijn bevindingen systematisch en snel ter beschikking van de wetenschappelijke wereld te stellen aan de hand van voorlopige verslagen (HAERINCK & OVERLAET 1996, pp. 4-6). Een onderzoeksproject om tot de definitieve studies en eindpublicaties te komen werd aangevat in 1996. In dit kader zijn reeds drie monografieën verschenen over het Chalcolithicum en de IJzertijd III (HAERINCK & OVERLAET 1996, 1998, 1999). Een vierde volume zal het onderwerp van deze mededeling betreffen, namelijk de Vroege IJzertijd die tussen ca. 1300/1250 en 800/750 v. Chr. wordt gesitueerd.

Luristan (fig. 1) ligt in het Zagrosgebergte dat de geografische scheiding vormt tussen de Mesopotamische laagvlakte en het Iraanse centrale hoogplateau. Het gebied wordt doorsneden door drie parallelle, van NW naar ZO lopende bergketens met hoogten tot 3 000 m boven zeeniveau, de Kabir Kuh, de Kuh-i Sefid en de Kuh-i Garin. Het is een moeilijk toegankelijk gebied dat echter aan de noordwestelijke zijde langs één van de belangrijkste handelswegen van het oude Nabije Oosten ligt. Het is een verbinding die dwars door het Zagrosgebergte loopt over Karind, Shahabad/Islamabad, Kermanshah/Bakhtaran, Kangavar en Hamadan. Later zal dit traject een onderdeel van de befaamde Zijderoute worden. Verwijzend naar de Kabir Kuh, wordt Luristan opgedeeld in de de Pusht-i Kuh (letterlijk „over de berg”) en de Pish-i Kuh (letterlijk „voor de berg”). De Pusht-i Kuh wordt gedomineerd door de Kabir Kuh, de laatste werkelijke bergketen voor het Mesopotamische bassin. Het meest opvallende kenmerk van de Pusht-i Kuh is de in zuidwestelijke richting zeer snel dalende hoogte. Het

gebied vertoont door zijn bergachtige karakter een waaier van micro-klimaten (POTTS 1999, pp. 12-15). Algemeen kan gesteld worden dat de noordoostelijke, hoger gelegen valleien van de Pish-i Kuh (de „sardsir”, het zomerkwartier) 's zomers koeler zijn dan de lager gelegen valleien van de garmsir (het winterkwartier). In de winter zijn de temperaturen in de garmsir draaglijker, wat de seizoensgebonden migratie verklaart van de Luristan nomaden. Daar waar onderzoek heeft aangetoond dat het huidige klimaatype niet wezenlijk verschilt van dat van het tweede en eerste millennium v. Chr. (HENRICKSON 1985, pp. 10-13), zijn er toch aanwijzingen dat zelfs relatief geringe verschillen in temperatuur en neerslag verstrekkende gevolgen kunnen gehad hebben op de landbouw-mogelijkheden in de regio.

Vanaf ca. 1920 brachten illegale opgravingen in Luristan massaal bronzen voorwerpen aan het licht. Het gebied was hoofdzakelijk bevolkt door semi-nomaden en had in de praktijk een grote mate van autonomie behouden. De Iraanse overheid was niet in de mogelijkheid om de georganiseerde plunderingen te stoppen en men had nauwelijks informatie over de archeologische context van de vondsten. Men wist dat de bronzen afkomstig waren uit necropolen en er werd van de veronderstelling uitgegaan dat het ging om begraafplaatsen van een nomadische bevolking. Men inspireerde zich daarvoor op de moderne levenswijze in het gebied en veronderstelde dat een andere leefwijze er nooit mogelijk was geweest. Zoals verder zal blijken, is dit op basis van de nu beschikbare gegevens echter onjuist. Wetenschappelijk veldonderzoek in Luristan bleef lange tijd bijzonder moeilijk. Enkele Iraanse en buitenlandse expedities voerden beperkte opgravingen door in de Pish-i Kuh (SCHMIDT *et al.* 1989 ; GOFF 1968, 1969, 1970 ; MELDGAARD *et al.* 1963 ; THRANE 1964). De Belgische Archeologische Missie in Iran (BAMI) was de enige expeditie die langdurig onderzoek in Luristan kon verrichten. Gedurende vijftien jaar werden er prospecties en opgravingen in de Pusht-i Kuh georganiseerd (VANDEN BERGHE & HAERINCK 1984, HAERINCK & OVERLAET 1996, pp. 3-6). Er werden necropolen uit het Chalcolithicum, de Brons- en de IJzertijd ontdekt en men kon aantonen dat de bronzen in de typische „Luristan” stijl uitsluitend tot de IJzertijd behoorden (ca. 1300/1250 tot 600 v. Chr.).

De IJzertijd is in Iran in het algemeen een archeologisch nog onvoldoende gekende periode waarin zich nochtans bijzonder belangrijke maatschappelijke veranderingen hebben voorgedaan. Zo moet o.a. de inwijking van Indo-Europese bevolkingsgroepen in westelijk Iran juist in de IJzertijd worden gesitueerd. In Luristan vormt de IJzertijd een duidelijke breuk met de tradities van de Late Bronstijd culturen. De regio maakt een zeer eigen culturele ontwikkeling door die zich o.a. uit in de productie van zeer typisch versierde bronzen voorwerpen, waaronder idolen, paardebitten en wetsteenhouders (fig. 2 : 2-4, 6 ; fig. 3 : 5 ; fig. 4 : 12). In deze figuratief versierde bronzen kan bovendien een evolutie vastgesteld worden van eenvoudige naturalistische vormen tot gecompliceerde fantastische combinaties.

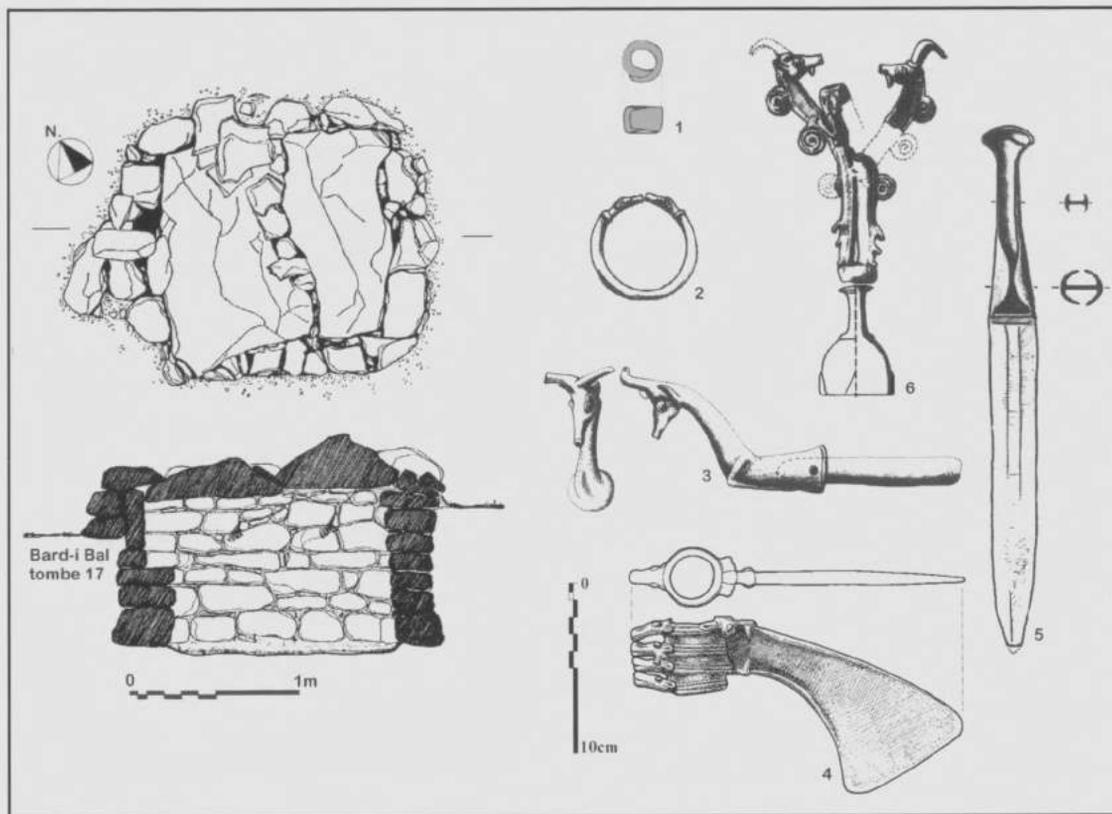


Fig. 2. — Collectieve tombe uit de IJzertijd IB-IIA te Bard-i Bal en een selectie van grafvondsten uit de necropolen te Kutal-i Gulgul (1, 4) en Bard-i Bal (2-3, 5-6).

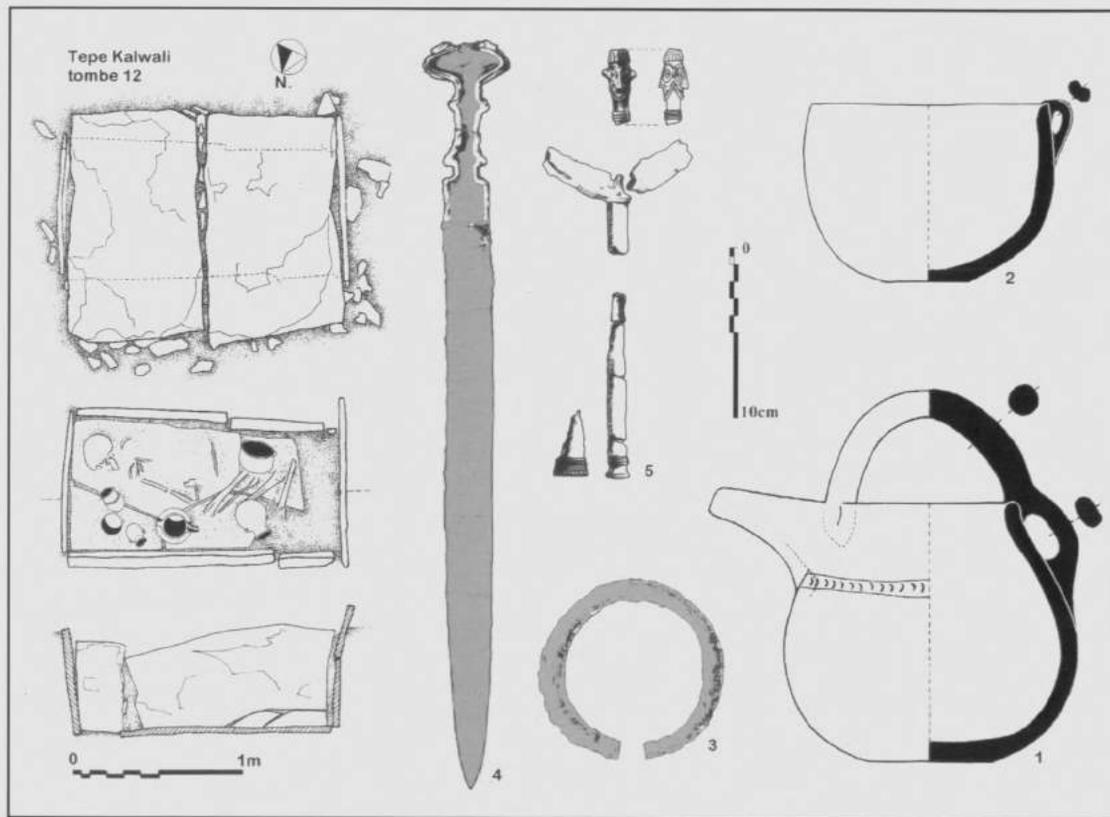


Fig. 3. — Selectie van IJzertijd IIB grafvondsten uit de Pusht-i Kuh necropolen te Tepe Kalwali (1-2), Darwand B (3) en Bard-i Bal (4-5).

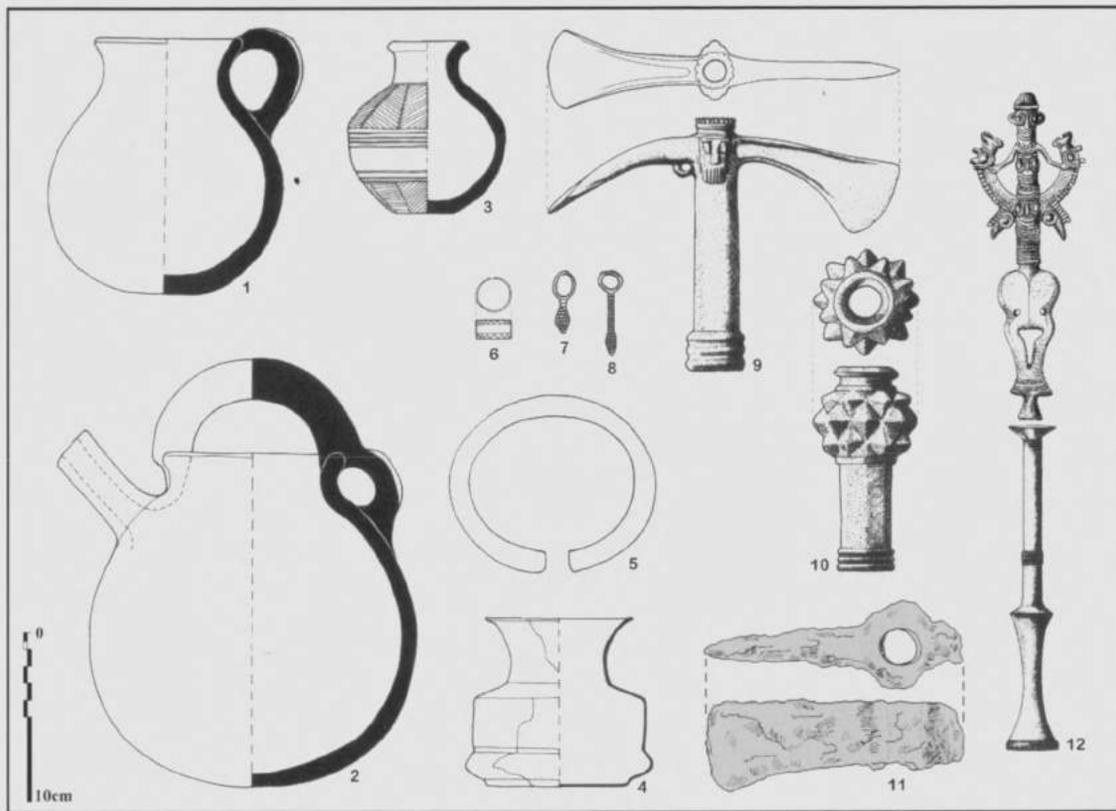


Fig. 4. — Selectie van IJzertijd III grafvondsten uit de Pusht-i Kuh necropolen te Chamahzi Mumah (1-2, 4-5, 9-10), Djub-i Gauhar (3, 6-8, 11) en Tattulban (12).

Vooraleer tot een overzicht van de IJzertijd over te gaan (fig. 5) is het noodzakelijk te wijzen op de specifieke doelstellingen die de BAMI zich had gesteld. Om diverse redenen beperkte men zich tot het onderzoek van necropolen. Er werd geen systematisch onderzoek verricht naar eventuele bewoningsresten. Wat de IJzertijd betreft, onderzocht de BAMI een groot aantal necropolen in de Pusht-i Kuh waarvan de meeste echter tot de IJzertijd III (ca. 800/750 - 600 v. Chr.) behoorden. Deze laatste zijn meestal vrij groot en bestaan overwegend uit individuele steenkistgraven (HAERINCK & OVERLAET 1998, 1999). Tot de Vroege IJzertijd (ca. 1300/1250 tot 800/750 v. Chr.) behoren een honderdtwintigtal tomben die op elf verschillende necropolen werden opgegraven. Een groot aantal hiervan is collectief en werd gedurende meerdere eeuwen herbruikt. De oudere grafgraven werden bij het hergebruik opzij geschoven of opgestapeld, waardoor de interne associaties van de vondsten helaas dikwijls verstoord zijn. Aan de hand van de schaarse Mesopotamische importobjecten en de analyse van de vondst-ensembles is het mogelijk om enerzijds de Luristan te verbinden met de exacte Mesopotamische chronologie, en anderzijds een lokale, relatieve chronologie op te stellen. Doorgaans wordt in de Iraanse archeologie de IJzertijd ingedeeld in drie fasen. Daar waar de IJzertijd III in Luristan, zoals ook elders in Iran, als een duidelijk afgebakende periode herkenbaar is, voldoet een tweeledige indeling echter niet voor de Vroege IJzertijd. In de Pusht-i Kuh wijzen onze gegevens op ten minste drie ontwikkelingsfasen die we omwille van de correlatie met de traditionele chronologieën als IJzertijd IA, IB-IIA en IIB aanduiden.

DE IJZER IA FASE (CA. 1300/1250 - 1150 v. CHR.)

Het begin van de IJzertijd wordt in Luristan op basis van het aardewerk en de aanwezigheid van Mesopotamische importobjecten rond 1300/1250 v. Chr. gesitueerd. We beschikken slechts over weinig informatie omtrent de precieze gebeurtenissen die op dat moment hebben plaatsgevonden. *Surveys* en opgravingen in de Pish-i Kuh hebben erop gewezen dat de bestaande Bronstijd nederzettingen op de tepes massaal werden verlaten (GOFF 1968, p. 127, 1971, pp. 150-151; SCHMIDT *et al.* 1989, pp. 486-487). Te Tepe Guran in de Hulailanvlakte (centraal Luristan) is wel een verdere bewoning gedocumenteerd, zij het op vermoedelijk veel beperktere schaal dan voordien (MELDGAARD *et al.* 1963, pp. 121-133). Omtrent de redenen waarom deze centra verlaten zijn kan slechts gespeculeerd worden. Een klimatologisch en/of ecologisch rampscenario kan zeker niet uitgesloten worden. Op de Bronstijd nederzettingen werden namelijk nergens sporen van bijvoorbeeld een militaire verwoesting vastgesteld. Het verlaten van de Bronstijd tepe's valt bovendien in een periode van verhoogde neerslag in het Nabije Oosten met een piek die juist bereikt werd tussen 1350 en 1250 v. Chr. (NEUMANN & PARPOLA 1987, p. 164). Het is niet onwaarschijnlijk dat de landbouw in de regio door toenemende neerslag onder druk kwam te staan en dat massale en/of herhaaldelijke overstromingen het einde van het op landbouw

	Pusht-i Kuh	NW-Iran (Dyson 1989:6)	Elam	Mesopotamië Assyrië	Babylonië
1400	Late Bronstijd	IJzer I Hasanlu V	Midden Elamietische periode Ige-Halki 1400-1380 Untash-Napirisha 1340-1300	Mittani periode	Kassietische periode Burnaburiash II 1359-1333 Kurigalzu II 1332-1308
1300				Midden-Assyrische periode Adad-Nirare I 1305-1274 Salmanasar I 1273-1244 Tukulti-Ninurta I 1243-1207	
1200	IJzer IA	Has. IVC	Shutruk-Nahhunte I 1190-1155 Kutir-Nahhunte 1155-1150 Shilhak-Inshushinak 1150-1120	Assur-Dan I 1178-1133	Erlil-nadin-ahhe 1156-1154
1100	IJzer IB			Tiglat-Pileser I 1114-1076	2de Isin dynastie Nebuchadnezzar I 1125-1104 Marduik-nadin-ahhe 1099-1082
1000	IJzer IIA	Has. IVB	Neo-Elamietisch periode	Neo-Assyrische periode Assurnasirpal II 883-859 Salmanasar III 858-824 Adad-Nirare III 810-783	Nabu-Mukin-apli
900	IJzer IIB			Tiglath-Pileser III 744-727	Neo-Babylonische periode
800	IJzer III	Has. IVA	Shutruk-Nahhunte II 716-699	Sargon II 721-705 Sennacherib 704-681 Esarhaddon 680-669 Assurbanipal 668-627	
700				Has. IIIB	
600		IJzer III			

Fig. 5. — Chronologische tabel van de IJzertijd in Iran en Mesopotamië.

gerichte economische systeem van de Late Bronstijd betekenden. Geofysisch onderzoek in Luristan is noodzakelijk om deze hypothese op haar waarheid te toetsen. De realiteit van een dergelijk scenario wordt o.a. aangetoond door 12de-13de eeuwse A.D. vergelijkbare gebeurtenissen in de nabijgelegen Mahi Dasht vlakte (BROOKES 1989, pp. 34-35).

Late Bronstijd vondsten uit de Pusht-i Kuh regio, zowel bewoningsresten als graven, ontbreken. Uit het begin van de Vroege IJzertijd werden op verscheidene necropolen wel tomben ontdekt. Een kenmerkend voorbeeld is tombe B2 te Kutal-i Gulgul (fig. 6). Het is een steenkisttombe met de resten van tenminste vier individuen. Drie schedels liggen gegroepeerd langs de lange noordoostwand. Achteraan in de tombe is een opeenstapeling van grafgiften aanwezig. De toegang was aan de zuidelijke korte zijde. De tombe was deels afgedekt met een grote deksteen en vermoedelijk deels met een constructie van hout en aarde. Figuur 7 groepeerde een aantal kenmerkende IJzer IA vondsten.

Het meest opvallende verschil met de Late Bronstijd is het ontbreken van beschilderd aardewerk. Een onbeschilderd beige aardewerk is kenmerkend voor de IJzertijd. Tegelijk verschijnen er ook nieuwe aardewerkvormen. De aanwezigheid van Kassietisch faience vaatwerk (fig. 7 : 1) en van versierde Kassietische schelp vingerringen (fig. 7 : 5-6) duiden op contacten met Mesopotamië en laten toe deze fase te dateren. Deze geometrisch versierde ringen, die oorspronkelijk kleurrijk waren ingelegd, kunnen vrij nauwkeurig gedateerd worden in het laatste kwart van de 13de eeuw en de eerste helft van de 12de eeuw v. Chr. (BOEHMER 1982). Dat deze invloed zich niet beperkte tot de grensstreek met Mesopotamië wordt bewezen door de vondst van een Kassietisch type beker in de Pusht-i Kuh (fig. 7 : 4) en te Tepe Guran in de Pish-i Kuh (THRANE 1999). Het einde van deze IJzer IA fase, die gekenmerkt wordt door de aanwezigheid van importobjecten uit Kassietisch Mesopotamië, moet rond 1150 v. Chr. gesitueerd worden. Pas in de IJzertijd III zullen opnieuw Mesopotamische importstukken in de grafcontexten worden aangetroffen. Het einde van de handelscontacten en de duidelijke relaties met Mesopotamië zijn het gevolg van de veldtocht van het Elamietisch leger van Shutruk-Nahhunte rond 1160 v. Chr. Deze resulteerde in de verwoesting van de Kassietische centra in het Diyalagebied (BOEHMER 1982, p. 40 ; BOEHMER & DAMMER 1985, p. 80), wat het meest rechtstreekse contactgebied met Mesopotamië was.

Binnen deze periode, die een honderd tot honderdvijftig jaar geduurd heeft, is eveneens een ontwikkeling merkbaar. In de oudste necropolen, o.a. te Duruyeh, komen individuele tomben voor en worden nog een aantal aardewerk-vormen aangetroffen die ook in de Late Bronstijd voorkwamen. Het meest opvallend zijn de kannen met geknepen tuit (fig. 7 : 3) die in de Late Bronstijd echter beschilderd waren. Te Duruyeh kon vastgesteld worden dat „theepotten” (fig. 7 : 2) de kannen gaan vervangen en de theepotten zullen in de Pusht-i Kuh een diagnostisch vaatwerktype doorheen de volledige IJzertijd blijven. Het aansluiten bij oudere, lokale tradities suggereert dat het begin van de IJzertijd niet noodzakelijk

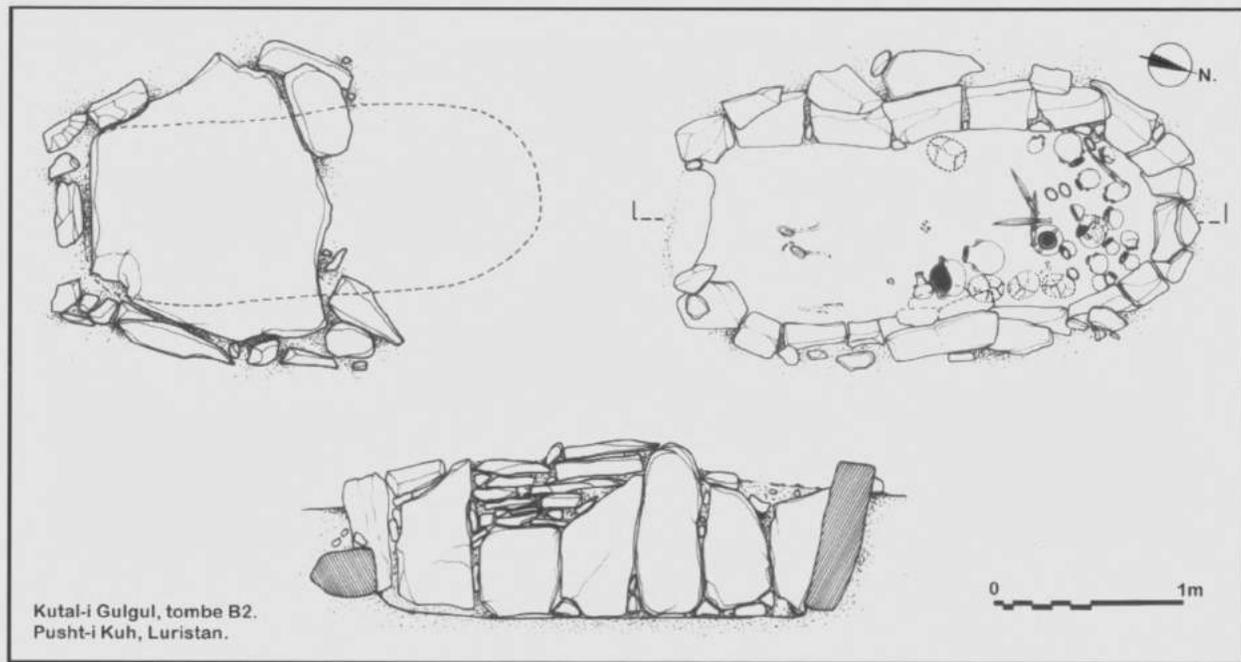


Fig. 6. — Collectieve tombe uit de IJzertijd IA te Kutal-i Gulgul, Pusht-i Kuh, Luristan.

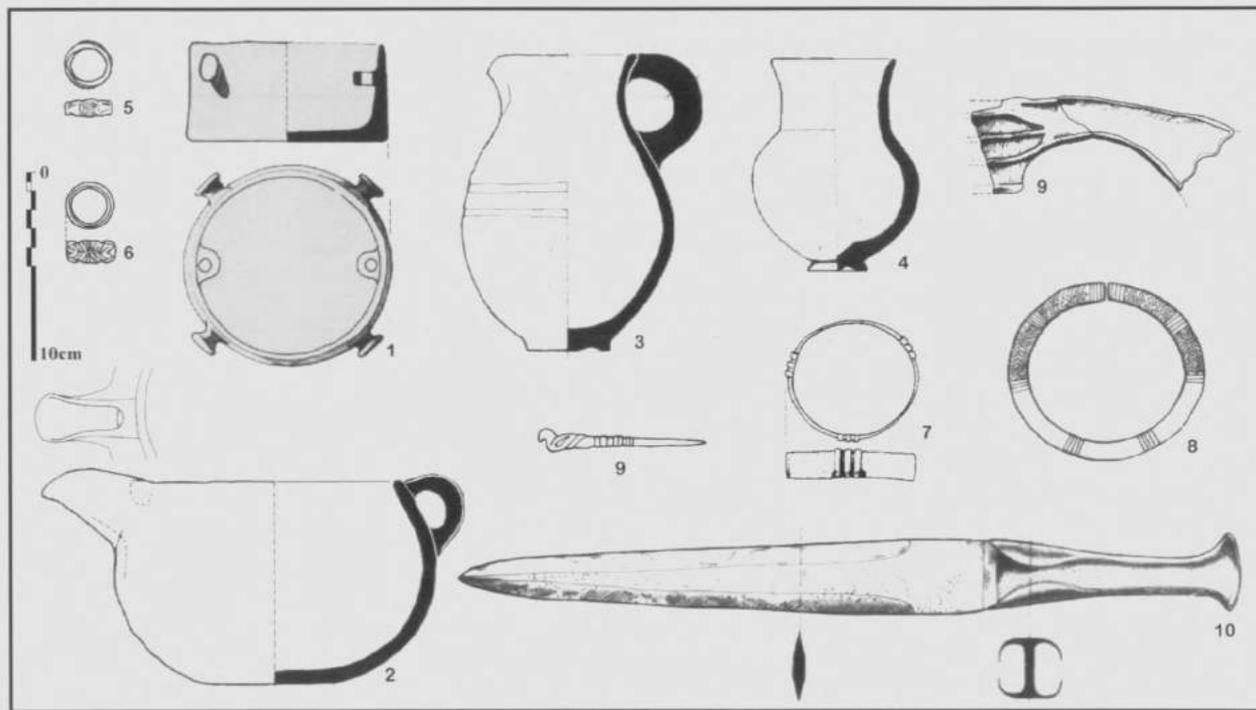


Fig. 7. — Selectie van IJzertijd IA grafvondsten uit de Pusht-i Kuh necropolen te Katal-i Gulgul (1-4, 8, 11), Shurabah (5) en Bard-i Bal (6-7, 9-10).

op een immigratie van een nieuwe bevolkingsgroep duidt. De klimatologische/ecologische veranderingen kunnen ook geleid hebben tot andere levensomstandigheden of reeds aanwezige minoriteitsgroepen hebben bevoordeeld. De IJzer IA tomben te Kotal-i Gulgul (fig. 6) zijn enigszins jonger dan de tomben te Duruyeh. Ze zijn niet meer individueel, maar constructief hebben ze wel dezelfde vorm behouden. Ze zijn enkel enigszins groter.

Hoewel de benaming „IJzertijd” suggereert dat ijzer een materiaal was waarover men nu beschikte, is het in de IJzer IA fase nog zeer zeldzaam. Als het al voorkomt, wat in de Pusht-i Kuh nog niet vaststaat, is het enkel voor juwelen gebruikt. In de Vroege IJzertijd is het in de eerste plaats een kostbaar materiaal dat bijgevolg voor juwelen zoals vingerringen, spelden, armbanden en enkelringen wordt aangewend (fig. 2 : 1, 3 : 3). In de IJzertijd III, wanneer ijzer dusdanig gedemocratiseerd is dat het algemeen voor wapens kan gebruikt worden, zal het niet langer als materiaal voor juwelen in aanmerking komen. In de IJzer IA fase zijn de juwelen hoofdzakelijk in brons. Bronzen armbanden en enkelringen met geïnciseerde geometrische versieringen zijn in de Pusht-i Kuh diagnostisch voor de IJzer I-II fase (fig. 7 : 8).

De basis van de typische figuratieve Luristan iconografie is in de IJzer IA fase reeds aanwezig. Dank zij de associatie met Kassietische schelp ringen kan in deze fase een bronzen speld gesitueerd worden met een kop in de vorm van een zwemmende eend (fig. 7 : 9), alsook een fragment van een „vingerbijl” (fig. 7 : 9). Dergelijke bijlen met vingervormige pinnen op de hiel zijn kenmerkend voor Luristan. Andere canonische bronzen waaronder de figuratief versierde vingerbijlen, de wetstenen met naturalistische diervormige bronzen heften, de armbanden met uiteinden in de vorm van „slapende eenden”, en de idolen met naturalistische opgerichte dieren komen mogelijk ook reeds in de IA fase voor maar kunnen ook enigszins jonger zijn en tot de IB fase behoren (fig. 2 : 2-4 en 6). Kenmerkend voor de Pusht-i Kuh gedurende de volledige IJzer I-II fase zijn de bronzen dolken die pas in de IJzer IIB fase door ijzeren exemplaren zullen vervangen worden. In de Pusht-i Kuh is daarbij een duidelijke voorkeur voor één bepaald type (fig. 7 : 10, 2 : 5).

DE IJZER IB - IIA FASE (CA. 1150 - 900 v. CHR.)

De daaropvolgende fase IB – IIA is in de Pusht-i Kuh slecht gedocumenteerd. Door het ontbreken van duidelijk diagnostisch materiaal dat chronologisch verbonden kan worden met de omliggende culturen kunnen begravingen onvolledige nauwkeurig gedateerd worden. De scheiding tussen IJzer IB en IIA kan met de huidige gegevens niet gemaakt worden. Het is daarenboven onzeker of er ooit een duidelijke scheiding mogelijk zal zijn en er niet eerder sprake moet zijn van een geleidelijke evolutie.

Tomben uit de IJzer IA fase blijven in de IJzer IB-IIA fase verder in gebruik maar ook een aantal nieuwe constructies worden aangetroffen. De collectieve

tomben worden doorgaans ruimer en dieper zodat ze meer geschikt zijn voor systematisch hergebruik (fig. 2). In deze periode komt de Luristan stijl volop tot ontwikkeling. Een aantal tomben met canonische Luristan bronzen zoals wetsteenheften (fig. 2 : 3) en idolen (fig. 2 : 6), waarbij de dieren nog vrij naturalistisch van vormgeving zijn, dateren vermoedelijk uit de IJzer IB fase. Te Kotal-i Gulgul werd een vingerbijl opgegraven waarbij het bijlblad uit een roofdiermuil komt en de pinnen als dierenkoppen zijn uitgewerkt (fig. 2 : 4). Ook bronzen armbanden met diervormige uiteinden komen nu in de Pusht-i Kuh voor (fig. 2 : 2).

Klimatologische elementen kunnen mogelijk mede het beperkt aantal vondsten uit de IJzer IB-IIA fase verklaren. Na de periode van verhoogde neerslag die vermoedelijk het einde van de Bronstijdcultuur in Luristan had veroorzaakt, was er tussen ca. 1250 en 950 v. Chr. een veel drogere periode (NEUMANN & PARPOLA 1987, pp. 164-165). Deze droge periode zou een hoogtepunt bereikt hebben rond 1150 v. Chr. De verzwakking in deze periode van zowel Assyrië als van Babylonië zou grotendeels veroorzaakt zijn door deze klimatologische omstandigheden. Ze zouden geleid hebben tot mislukte oogsten met een kettingreactie van hongersnoden, epidemieën en militaire conflicten tot gevolg (NEUMANN & PARPOLA 1987, pp. 161-162). Ook de reeds vermelde veldtocht van Shutruk-Nahhunte, die rond 1160 het einde van de Mesopotamische import in Luristan tot gevolg had, moet in deze context gezien worden. In bepaalde gebieden zouden deze gebeurtenissen tot een decimering van de bevolking hebben geleid. Brinkmann stelt dat in het noordoosten van Mesopotamië (Diyalagebied) zelfs een bevolkingsverlies werd bereikt van niet minder dan 75 % (BRINKMANN 1984, p. 173). Een bevolkingsafname in de Pusht-i Kuh zou uiteraard een verklaring kunnen zijn voor de beperkte hoeveelheid gegevens waarover we beschikken. Vanaf ca. 950/900 v. Chr. zou opnieuw een periode met koeler en vochtiger klimaat gestart zijn (NEUMANN & PARPOLA 1987, p. 175) en het is opmerkelijk dat juist in de loop van de 9de eeuw in de Pish-i Kuh een belangrijk aantal Bronstijd tepe's opnieuw bewoond zullen worden (Baba Djan III cultuur) en er klaarblijkelijk sprake is van een bevolkingstoename (GOFF 1968, pp. 127-128).

DE IJZER IIB FASE (CA. 900-800/750 v. CHR.)

Pas in de 9de eeuw v. Chr., de IJzer IIB fase, kunnen opnieuw duidelijker dateringscriteria herkend worden. Als meest karakteristieke necropool kan Tepe Kalwali vermeld worden (VANDEN BERGHE 1968, pp. 102-105, 162-163, fig. 18-19, pl. 1-8). Het gaat te Tepe Kalwali om een twintigtal tomben (fig. 3) met eerder beperkte grafgiften. Zo werden er totaal geen kralen aangetroffen en zijn de metaalvondsten beperkt tot enkele ijzeren dolken of lemmetten, twee bronzen armbanden en twee bronzen ringen. Het is hierdoor eerder onwaarschijnlijk dat de necropool een representatief beeld van de IJzer IIB kan verschaffen. Toch kunnen een aantal vaststellingen gemaakt worden.

In de IJzer IIB fase zijn er opnieuw individuele tomben, een verandering die zich ook in de IJzer III fase handhaaft. Diagnostische fase IIB ceramiekvormen zijn vooral theepotten met korfsoor (fig. 3 : 1) en kommen en schotels met kleine oren of grijpknoppen (fig. 3 : 2). Behalve juwelen worden nu ook dolken in ijzer vervaardigd (fig. 3 : 4). Er werden geen bijlen meer opgegraven zodat onzeker blijft of bronzen vingerbijlen nog in gebruik blijven of reeds een ander type (ijzeren) bijl voorkomt dat uit de IJzer III context bekend is (fig. 4 : 11). Een unieke vondst te Bard-i Bal heeft aangetoond dat bij de idolen zich meer ingewikkelde vormen hebben ontwikkeld (fig. 3 : 5). Het gaat om fragmenten van een „leeuwentemmer-idool” (vgl. fig. 4 : 12) met een menselijk dubbel-hoofd en de lange gebogen halzen van roofdieren.

In de Pish-i Kuh wordt in deze fase de Baba Djan III cultuur aangetroffen die gekenmerkt wordt door een karakteristiek beschilderd aardewerk (GOFF 1978). De Bronstijd tepe's worden er opnieuw bewoond wat mogelijk op de immigratie van nieuwe bevolkingsgroepen wijst.

DE IJZER III FASE (CA. 800/750-600 v. CHR.)

Terwijl de IJzer IIB fase slechts door een zeer beperkt aantal vondsten is gedocumenteerd, is een groot aantal necropolen uit de IJzer III fase in de Pusht-i Kuh bekend. De kennis van de materiële cultuur is hierdoor veel vollediger. Bij het aardewerk treden zowel nieuwe vormen als nieuwe technologische categorieën op. Diagnostisch zijn een fijn beige en vooral het fijn grijs aardewerk. Er verschijnen hierbij vormen die aansluiten bij het beschilderde Baba Djan III aardewerk uit de Pish-i Kuh, waarbij echter de motieven in de Pusht-i Kuh niet geschilderd maar ingegrift worden (fig. 4 : 3). Toch blijven er een aantal duidelijke typologische verschillen tussen beide regio's. In de Pusht-i Kuh zijn de kruiken en de theepotten met korfsoor en buisvormige tuit de meest kenmerkende vormen (fig. 4 : 1-2). IJzer is in de IJzer III fase niet langer een materiaal waaraan prestige verbonden is. Het wordt niet meer gebruikt voor juwelen maar is veralgemeend voor wapens en werktuigen (fig. 4 : 11). Behalve brons wordt nu ook zilver en goud aangetroffen, meestal voor oorkingen (fig. 4 : 7-8) of neusringen. Bronzen vaatwerk, dat in de Pusht-i Kuh in de IJzer I-II fase bijzonder zeldzaam was, wordt in de IJzer III tomben veelvuldig aangetroffen (fig. 4 : 4). Het aantal canonische Luristan bronzen in de IJzer III tomben is echter zeer beperkt wat er op kan wijzen dat het hoogtepunt voorbij is of dat het kerngebied zich nu eerder in de Pish-i Kuh situeert. Te Tattulban werd nog een idool op sokkel aangetroffen in een tombe die dank zij het aardewerk vrij vroeg in de IJzer III fase gesitueerd kan worden (fig. 4 : 12). Op verscheidene Pusht-i Kuh necropolen werden nog wel bronzen wapens zoals knotskoppen (fig. 4 : 10) en disselbijlen gevonden (fig. 4 : 9) maar slechts één ervan is figuratief versierd. Het gaat daarbij om een eenvoudig menselijk gelaat dat nog slechts weinig te maken heeft met de fantastische Luristan stijl.

Na dit beknopte chronologisch overzicht van de BAMI vondsten in de Pusht-i Kuh is het interessant enkele bemerkings te maken in verband met de bevolking. Twee veel gestelde vragen in de discussie over de Luristan-bevolking zijn : 1. tot welke groep behoorde de Luristanbevolking en 2. welke was de levenswijze, meer bepaald waren ze nomadisch of sedentair (MUSCARELLA 1988, pp. 39-40). De eerste vraag is een historisch probleem dat strikt genomen buiten het doel en de mogelijkheden van het zuiver archeologisch gerichte BAMI onderzoek valt. Historici hebben de IJzertijd Luristan bevolking wisselend als Kassieten, Cimmeriërs en zelfs Meden bestempeld maar geen van deze claims zijn wetenschappelijk voldoende onderbouwbaar (cfr. MOOREY 1971, pp. 9-12 ; MUSCARELLA 1988a, pp. 116-117, 1988b, p. 39). Historische bronnen uit Luristan zelf ontbreken en pas in de Neo-Assyrische periode zijn er onrechtstreekse historische bronnen beschikbaar die informatie over het Zagrosgebied verschaffen. Dit zijn enerzijds de Neo-Assyrische annalen en anderzijds een Neo-Assyrisch rotsrelief te Shikaft-i Gulgul in de Pusht-i Kuh. Volgens de historische bronnen ontstaat in deze periode in Luristan de „Ellipi“-confederatie van regionale machtscentra of vorstendommen die naargelang de politieke omstandigheden verbonden aangaan met Mesopotamische en Elamietische machtshebbers (LEVINE 1987, pp. 230-231 ; MEDVEDSKAYA 1999). Daarbuiten is er echter nauwelijks informatie over de Ellipi.

De tweede vraag omtrent het economisch-maatschappelijk bestel (nomadisme / sedentarisme) is archeologisch eveneens moeilijk te beantwoorden. Archeologisch is het problematisch om (semi-)nomadische bewoningsresten te documenteren ; meestal wordt slechts een louter negatieve bewijslast gebruikt, namelijk het ontbreken van bewoningsresten (over deze problematiek zie CRIBB 1991, pp. 65-83).

In de Pusht-i Kuh vormen de IJzertijd-necropolen de enige basis voor bevolkingsgegevens ; bewoningsresten uit deze periode zijn niet bekend. Uit de Late Bronstijd zijn bovendien zelfs geen necropolen bekend ; er is slechts één tombe (Sarab Bagh, VANDEN BERGHE *et al.* 1982, pp. 54-55, fig. 20) die echter veel meer zuidwestelijk gelegen is dan de IJzer I-II necropolen die hier besproken worden. De inhoud van de tomben verschaft weinig elementen om maatschappelijk organisatorische besluiten op te baseren. Het voorkomen van collectieve tomben kan, indien verondersteld wordt dat het om familietomben zou gaan, wijzen op een sterk familiaal georganiseerde maatschappijstructuur met een lokale binding. Dit hoeft echter niet noodzakelijk een (semi-)nomadische levenswijze uit te sluiten. De overledenen kunnen om diverse redenen ook op grote afstanden van de woon- of verblijfplaats begraven worden. Een treffende illustratie hiervan vormt de Perzische traditie om doden bij een Islamitische heilige plaats of Imamzadeh te begraven. In de 18de en 19de eeuw gaf dit zelfs aanleiding tot een belangrijke economische activiteit, karavanen die gespecialiseerd waren in het vervoer van lijken (DEMANT-MORTENSEN 1993, pp. 125-126). De dodenbijgaven verschaffen geen specifieke indicaties voor een nomadische of sedentaire levens-

wijze. Ze omvatten behalve wapens en/of juwelen ook steeds aardewerk, maar ook in een nomadische levenswijze werd ceramiek veelvuldig gebruikt (over het gebruik van aardewerk bij nomaden zie CRIBB 1991, pp. 75-76). We moeten bijgevolg stellen dat, op basis van de beschikbare gegevens, er geen concrete elementen zijn om te bepalen of de bevolking in de Pusht-i Kuh een (semi-) nomadische of sedentaire levenswijze had, of dat wellicht beide levenswijzen naast elkaar voorkwamen.

Nochtans veronderstelden talloze auteurs die over de Luristan IJzertijd cultuur hebben geschreven, een belangrijk nomadisch element. De oorsprong van deze opvatting gaat grotendeels terug op de ontdekkingsfase van de Luristan bronzen. Op het moment dat de Luristan bronzen op de antiekmarkt verschenen waren grote delen van Luristan uitsluitend door semi-nomaden bewoond en archeologisch niet geëxploreerd. In het eerste standaardwerk over de bronzen van Luristan ging André Godard, het toenmalige hoofd van de Iraanse Archeologische Dienst, er van uit dat in de oudheid de levensomstandigheden identiek of in elk geval vergelijkbaar waren met de toenmalige situatie. Veronderstellende dat de bronzen het product waren van de Kassieten merkte hij over de sardsir op dat „...les anciens Kassites, comme les Lurs de nos jours n'ayant pu habiter cette haute région qu'en nomades, pendant les mois chauds” (GODARD 1931, p. 21). Sindsdien is echter de aanwezigheid van belangrijke tepe's in Luristan bekend geworden, en is ook duidelijk geworden dat pas sinds de 13de eeuw A.D. het semi-nomadisme de dominante levenswijze in de regio is geworden, deels ten gevolge van klimatologische omstandigheden en deels van o.a. Mongoolse verwoestingen (BROOKES *et al.* 1982, pp. 292-293; DEMANT-MORTENSEN & MORTENSEN 1989, pp. 929-931; DEMANT-MORTENSEN 1993, pp. 39-42). Luristan omvat belangrijke, zeer vruchtbare, voor landbouw geschikte vlakten en had voor deze omschakeling naar semi-nomadisme een grote bevolkingsdichtheid (DEMAND-MORTENSEN & MORTENSEN 1989, pp. 930-931).

In de huidige stand van het onderzoek zijn er bijgevolg geen rechtstreekse, positieve indicatoren die op de aanwezigheid van een (belangrijk) nomadisch element in de Luristan IJzertijd-bevolking wijzen. Vermits in de Pusht-i Kuh geen gericht onderzoek naar nederzettingen is gebeurd, kan enkel de enigszins beter gekende situatie in de Pish-i Kuh helpen om een beeld van de IJzertijd bevolking te vormen. Geologische factoren kunnen o.a. in grote mate bijgedragen hebben tot het niet ontdekken van Vroege IJzertijd bewoningsresten. De Deense opgravingen te Tepe Guran hebben in elk geval aangetoond dat ten minste op een aantal sites er een ononderbroken bewoning doorheen de volledige IJzertijd is geweest. Deze IJzertijd bewoning situeert zich aan de voet van de tepe, onder het huidige niveau van de vlakte. Er is bijgevolg een gericht veldonderzoek nodig om uit te maken of ook op andere „Bronstijd”-tepe's de IJzertijd bewoning niet onder recent alluvium is verdwenen. Een essentiële vraag bij dit alles is wat de betekenis is van deze veranderingen die klaarblijkelijk op relatief korte tijd hebben plaatsgevonden. De oorzaak dient vermoedelijk gezocht te

worden in veranderde klimatologische en/of ecologische omstandigheden. Wat en of er een verband is tussen de Late Bronstijdbevolking en de Vroege IJzertijd bevolking blijft een open vraag. Veranderde de materiële cultuur ten gevolge van veranderende levensomstandigheden en gaat het in feite om dezelfde bevolking? Of moet er volgens het *pots are people* scenario gedacht worden en gaat het om een immigratie van een nieuwe bevolkingsgroep, of creëerden de veranderingen de mogelijkheid voor een reeds langer aanwezige subgroep zich nu een dominerende plaats te veroveren?

In de Pusht-i Kuh is het volledige archeologische onderzoek quasi beperkt gebleven tot de BAMI opgravingen van necropolen; de tepe's werden er niet onderzocht waardoor het onbekend is of er Late Bronstijd en/of Vroege IJzertijd bewoning op aanwezig is en of er zich hetzelfde scenario heeft voorgedaan als in de Pish-i Kuh. De uitermate fragmentarische kennis over de Vroege IJzertijd in Luristan, en in de Pusht-i Kuh in het bijzonder, laat nauwelijks toe enige conclusies te trekken over de identiteit of de sociale en maatschappelijke organisatie van de toenmalige bevolking.

Onze kennis is nog bijzonder fragmentarisch en er blijven nog talrijke vragen onbeantwoord. De bereikte kennis van de materiële cultuur laat echter wel toe een aantal werkhypothesen voor te stellen die door gericht veldonderzoek in de toekomst aan de realiteit getoetst moeten worden. Hierbij zal het noodzakelijk zijn de gegevens van het necropoolonderzoek aan te vullen met stratigrafisch onderzoek van bewoningscontexten. Verder is het een dwingende noodzaak om o.a. geomorfologisch onderzoek in het toekomstige veldwerk te betrekken. Het BAMI onderzoek heeft echter voor het eerst de mogelijkheid geboden een kader op te stellen op basis van opgravingsmateriaal. Het vormt hierdoor een fundamenteel uitgangspunt van waaruit verder doelgericht wetenschappelijk onderzoek moet vertrekken.

BIBLIOGRAFIE

- BOEHMER, R. M. 1982. Ringe aus kassitischen Gräbern. — *Baghdader Mitteilungen*, **13**: 31-49.
- BOEHMER, R. M. & DAMMER, H.-W. 1985. Tell Imlihiye, Tell Zubeidi, Tell Abbas. — *Baghdader Forschungen*, **7**, Verlag Philipp von Zabern, Mainz am Rhein, 12 + 84 pp.
- BRINKMAN, J. A. 1984. Settlement surveys and documentary evidence: regional variation and secular trend in Mesopotamian demography. — *Journal of Near Eastern Studies*, **43**: 169-180.
- BROOKES, I. A. 1989. The Physical Geography, Geomorphology and Late Quaternary History of the Mahidasht Project Area, Qara Su Basin, Central West Iran. — ROM Mahidasht Project Vol. 1, Toronto, 48 pp.
- BROOKES, I. A., LEVINE, L. D. & DENNELL, R. W. 1982. Alluvial Sequence in Central West Iran and Implications for Archaeological Survey. — *Journal of Field Archaeology*, **9**: 285-299.

- CONTENAU, G. & GHIRSHMAN, R. 1935. Fouilles du Tépé-Giyan près de Néhavend 1931 et 1932. — Librairie Orientaliste Paul Geuthner, Paris, 144 pp.
- CRIBB, R. 1991. Nomads in Archaeology. — Cambridge University Press, Cambridge, 253 pp.
- DEMANT-MORTENSEN, I. 1993. Nomads of Luristan, History, Material Culture, and Pastoralism in Western Iran. — Thames and Hudson, London, 413 pp.
- DEMANT-MORTENSEN, I. & MORTENSEN, P. 1989. On the Origin of Nomadism in Northern Luristan. — In : DE MEYER, L. & HAERINCK, E. (Eds.), *Archaeologia Iranica et Orientalis Miscellanea in Honorem Louis Vanden Berghe*, Gent, pp. 929-951.
- DYSON, R. H. 1989. Rediscovering Hasanlu. Expedition 31/2-3 : 3-11. — In : DYSON, R.H. & VOIGT, M.M. (Eds.), *East of Assyria, The Highland Settlement of Hasanlu*.
- GODARD, A. 1931. Les Bronzes du Luristan. — *Ars Asiatica* 17, Paris, 114 pp.
- GOFF, C. 1968. Luristan in the first half of the first millennium B.C., a preliminary report on the first season's excavations at Baba Jan, and associated surveys in the Eastern Pish-i Kuh. — *Iran, Journal of the British Institute of Persian Studies*, 6 : 105-134.
- GOFF, C. 1969. Excavations at Baba Jan, 1967 : second preliminary report. — *Iran, Journal of the British Institute of Persian Studies*, 7 : 115-130.
- GOFF, C. 1970. Excavations at Baba Jan, 1968 : third preliminary report. — *Iran, Journal of the British Institute of Persian Studies*, 8 : 141-156.
- GOFF, C. 1971. Luristan before the Iron Age. — *Iran, Journal of the British Institute of Persian Studies*, 9 : 131-152.
- GOFF, C. 1976. Excavations at Baba Jan : The Bronze Age occupation. — *Iran, Journal of the British Institute of Persian Studies*, 14 : 19-40.
- GOFF, C. 1978. Excavations at Baba Jan : the pottery and metal from levels III and II. — *Iran, Journal of the British Institute of Persian Studies*, 16 : 29-65.
- HAERINCK, E. & OVERLAET, B. 1996. The Chalcolithic period, Parchinah and Hakalan. — Luristan Excavation Documents I, Royal Museums of Art and History, Brussels, 232 pp.
- HAERINCK, E. & OVERLAET, B. 1998. Chamahzi Mumah, An Iron Age III Graveyard. — Luristan Excavation Documents II. — *Acta Iranica*, 3^e série — vol. 19, Peeters, Leuven, 218 pp.
- HAERINCK, E. & OVERLAET, B. 1999. Djub-i Gauhar and Gul Khanan Murdah, Iron Age III sites in the Aivan plain. Luristan Excavation Documents III. — *Acta Iranica*, 3^e série, vol. 36, Peeters, Leuven, 245 pp.
- HENRICKSON, E. F. 1985. The Early Development of Pastoralism in the Central Zagros Highlands (Luristan). *Iranica Antiqua*, 20 : 1-42.
- LEVINE, L. 1973. Geographical studies in the Neo-Assyrian Zagros - I. — *Iran, Journal of the British Institute of Persian Studies*, 11 : 1-27.
- LEVINE, L. 1974. Geographical studies in the Neo-Assyrian Zagros - II. — *Iran, Journal of the British Institute of Persian Studies*, 12 : 99-124.
- LEVINE, L. 1987. The Iron Age. — In : HOLE, F. (Ed.), *The Archaeology of Western Iran, Settlement and society from prehistory to the Islamic conquest*, Washington D.C. / London, pp. 229-250.
- MEDVEDSKAYA, I. N. 1999. Media and its Neighbours I : The Localization of Ellipi. — *Iranica Antiqua*, 34 : 53-70.

- MELDGAARD, J., MORTENSEN, P. & THRANE, H. 1963. Excavations at Tepe Guran, Luristan, preliminary report of the Danish archaeological expedition to Iran 1963. — *Acta Archaeologica*, **34** : 97-133.
- MOOREY, P. R. S. 1971. Catalogue of the Ancient Persian Bronzes in the Ashmolean Museum. — Clarendon Press, Oxford, 341 pp.
- MUSCARELLA, O. W. 1988a. Bronze and Iron, Ancient Near Eastern Artifacts in The Metropolitan Museum of Art. — The Metropolitan Museum of Art, New York, 480 pp.
- MUSCARELLA, O. W. 1988b. The Background to the Luristan Bronzes. — In : CURTIS, J. (Ed.), *Bronzeworking Centres of Western Asia c. 1000-539 B.C.*, London, pp. 33-44.
- NEUMANN, J. & PARPOLA, S. 1987. Climatic Change and the Eleventh-Tenth-Century Eclipse of Assyria and Babylonia. — *Journal of Near Eastern Studies*, **46** (3) : 161-182.
- POTTS, D. 1999. The Archaeology of Elam, Formation and Transformation of an Ancient Iranian State. — Cambridge University Press, Cambridge.
- SCHMIDT, E. F., VAN LOON, M. N. & CURVERS, H. H. 1989. The Holmes expeditions to Luristan. — The University of Chicago Oriental Institute Publications, 108, Chicago, 2 vol., 14 + 594 pp.
- THRANE, H. 1964. Archaeological Investigations in Western Luristan, preliminary report of the second Danish archaeological expedition to Iran. — *Acta Archaeologica*, **35** : 153-169.
- THRANE, H. 1999. Pots and Peoples - once again. The goblets from the Bronze Age settlement at Tepe Guran, Luristan. — *Iranica Antiqua*, **34** : 21-40.
- VANDEN BERGHE, L. 1968. Het archeologisch onderzoek naar de bronscultuur van Luristan, opgravingen in Pusht-i Kuh I Kalwali en War Kabud (1965 en 1966), avec un résumé français : Les recherches archéologiques dans le Luristan, fouilles dans le Pusht-i Kuh I, Kalwali et War Kabud (1965 et 1966). — *Verhandelingen van de Kon. Vlaamse Acad. Voor Wetenschappen, Letteren en Schone Kunsten van België, Klasse der Letteren*, **30** : 160 pp.
- VANDEN BERGHE, L., LANGERAERT-SEEUWS, C., OVERLAET, B. & HAERINCK, E. 1982. Luristan, een verdwenen bronskunst uit West-Iran. — Centrum voor Kunst en Cultuur, St.-Pietersabdij Gent, 231 pp.
- VANDEN BERGHE, L. & HAERINCK, E. 1984. Prospections et Fouilles au Pust-i Kuh, Luristan. — *Archiv für Orientforschung*, **31** : 200-209.

Les aspects multiples du cannibalisme aztèque*

par

Michel GRAULICH**

MOTS-CLES. — Mésoamérique ; Aztèques ; Cannibalisme ; Historiographie espagnole ; 16^e siècle.

RESUME. — L'anthropophagie en Mésoamérique fait toujours l'objet de controverses passionnées, notamment parce qu'elle paraissait appartenir à un niveau culturel qu'avaient amplement dépassé des civilisations comme celles des Mayas et des Aztèques. On considère le plus souvent qu'il était exclusivement rituel et que les Espagnols en ont exagéré l'ampleur. Un examen approfondi des sources écrites suggère au contraire que les Espagnols avaient plutôt tendance à faire preuve de discrétion sur ce sujet et qu'en fait, chez les Aztèques du moins, le cannibalisme a dû être en bonne partie également alimentaire.

TREFWOORDEN. — Meso-Amerika ; Azteken ; Kannibalisme ; Spaanse geschiedschrijving ; 16de eeuw.

SAMENVATTING. — *De vele aspecten van het Azteekse kannibalisme.* — Het kannibalisme in Meso-Amerika blijft een erg omstreden vraag, onder andere omdat het scheen te behoren tot culturele niveaus die beschavingen zoals die van de Maya's en de Azteken voorbijgestreefd hadden. Meestal beschouwt men het uitsluitend als een ritueel waarvan de omvang door de Spanjaarden overdreven werd. Een nauwkeurig onderzoek van de geschreven bronnen suggereert integendeel dat de Spanjaarden eerder de neiging hadden er weinig over te zeggen en dat, bij de Azteken althans, het kannibalisme ook grotendeels als voedsel bestemd was.

KEYWORDS. — Meso-America ; Aztecs ; Cannibalism ; Spanish Historiography ; 16th Century.

SUMMARY. — *The Many Aspects of Aztec Cannibalism.* — Meso-American cannibalism is still giving rise to passionate controversies, notably because it was thought to belong to cultural levels that had long been transcended by civilizations such as those of the Mayas and the Aztecs. It has mostly been considered as exclusively ritual and as having been exaggerated by the Spaniards. A close study of the written sources suggests on the contrary that the Spaniards tended to be rather cautious on that matter and that actually cannibalism must have been largely alimentary, at least among the Aztecs.

*
* *

* Communication présentée à la séance de la Classe des Sciences morales et politiques tenue le 17 avril 2001. Texte reçu le 18 mai 2001.

** Membre de l'Académie ; prof. fac. philosophie et lettres, Université Libre de Bruxelles, av. F. Roosevelt 50, B-1050 Bruxelles (Belgique).

Le cannibalisme aztèque a toujours dérangé et dérouté. En tant que tel, bien sûr, mais aussi dès le 16^e siècle, parce que cette pratique jugée sauvage était le fait de populations qui, par ailleurs, semblaient dotées d'une civilisation très développée. On a l'impression, écrit PRESCOTT (1909, 1, p. 40) dans son célèbre ouvrage sur la conquête du Mexique publié en 1843, qu'une partie de la religion aztèque «émane d'un peuple relativement raffiné et ouvert aux influences aimables, tandis que le reste respire un esprit de profonde férocité». On a d'emblée aussi cherché des explications et à relativiser. Pour le savant mexicain OROZCO Y BERRA (1960, 1, pp. 162-165), qui écrit une quarantaine d'années après Prescott, le sacrifice humain tout comme le cannibalisme caractérisent un stade particulier de développement et ont été pratiqués un peu partout ; ce sont des crimes abominables, mais le caractère rituel du cannibalisme aztèque le rend plus acceptable que la vulgaire anthropophagie gastronomique. Et, opine-t-il à l'instar de Joseph de Maistre, ce sont des crimes bénins comparés à l'impiété totale...

Puisque le cannibalisme dérangeait, on a été jusqu'à le nier. Le cas le plus connu à cet égard est celui de l'anthropologue ARENS (1979, pp. 43-79), qui, armé d'une mauvaise foi systématique et d'une remarquable capacité de ne pas voir les passages qui contredisent sa thèse, prétend que l'anthropophagie aztèque, comme bien d'autres, n'a jamais existé mais est une création des Européens. Son grand argument, évidemment faux, est qu'aucun témoin oculaire, aucun Espagnol, ne dit avoir vu de ses yeux des scènes d'anthropophagie. Bref, celle-ci n'a servi qu'à dénigrer «le niveau moral de ce peuple et ses réalisations culturelles» ; elle aurait toujours été un élément clé dans toute interprétation de la conquête du Mexique et elle attesterait aussi du besoin constant de légitimer la conquête.

Thèse fréquente que ce prétendu besoin de légitimation. On le retrouve dans une des rares études récentes sur l'anthropophagie aztèque, celle d'ANAYA MONROY (1966), qui considère sans trop préciser que l'image de l'anthropophagie a été parfois exagérée et déformée, et plus explicitement, mais de façon non argumentée, chez LOPEZ AUSTIN (1980, 1, p. 439). Même affirmation, tout aussi peu étayée mais de bon ton, dans un ouvrage général récent sur les Aztèques dû à TOWNSEND (1992, p. 317) : les conquérants espagnols auraient délibérément exagéré l'ampleur du sacrifice humain pour faire apparaître les Aztèques comme plus barbares et pour contribuer ainsi à justifier leur conquête et leur domination.

En fait, et quoi qu'en dise Arens, que personne n'a jamais pris au sérieux le cannibalisme aztèque, et mésoaméricain en général, est tout à fait incontestable. Il est abondamment représenté dans les codex précolombiens et coloniaux ; il est attesté par des témoignages nombreux dans des sources multiples rédigées aussi bien en aztèque qu'en espagnol, et l'archéologie aussi en fournit des preuves irréfutables. Les cas documentés concernent essentiellement les victimes du sacrifice humain : prisonniers, esclaves personnificateurs de dieux et enfants

représentant les dieux de la pluie. Ces personnes étaient mangées par la famille et le *calpulli* ('grande maison', territoire à nombre de lignages restreint) du sacrifiant, c'est-à-dire le guerrier qui a capturé un ennemi ou celui qui fournit l'esclave ou l'enfant. Si la victime était un guerrier captif, le sacrifiant ne pouvait en manger lui-même, car ç'aurait été manger sa propre chair. La chair était généralement consommée bouillie avec du maïs et des fleurs de calebasse, sans ajout de piment ; elle n'était, selon la plupart des sources, jamais rôtie : l'anthropophagie ressortissait au domaine de la culture, non de la nature.

Les victimes, lors de certaines fêtes, se comptaient par milliers, encore qu'ici aussi on accuse les Espagnols d'avoir gonflé les chiffres, alors que, si exagération il y a, c'est surtout le fait des Aztèques de Mexico qui mesuraient leur grandeur au nombre de guerriers ennemis immolés.

Les Espagnols, répète-t-on à l'envi, ont exagéré dans leurs descriptions de l'anthropophagie. Mais c'est plutôt le contraire qui est vrai. En fait, nous verrons qu'en général ils ont fait preuve de retenue et de discrétion. Certes, Cortés mentionne le sacrifice humain et le cannibalisme parmi les crimes, «contre l'humanité» dirions-nous aujourd'hui, qu'il convient d'extirper, et il est vrai que, lorsqu'il s'adresse à Charles Quint, il y voit une des justifications morales de la conquête, au même titre, sinon davantage que l'évangélisation, la libération des Indiens des tyrans qui les oppriment ou l'introduction au Mexique d'un niveau de vie supérieur. Mais il faut bien se dire qu'en fait, du point de vue légal, la seule chose qu'il avait à justifier, c'était d'avoir joué cavalier seul plutôt que d'obéir aux instructions de Diego Velázquez, le gouverneur de Cuba. Pour le reste, ses hommes et lui ne faisaient que matérialiser, que traduire dans les faits, le mandat de l'autorité morale et de la puissance supranationale de l'époque, la papauté, et ils n'avaient donc pas à légitimer la conquête. D'autre part, si le cannibalisme était une invention justificatrice des conquérants, on ne voit pas pourquoi ils n'en ont jamais accusé les Incas ou maint autre peuple, d'autant plus que les conquérants du Pérou avaient bien plus de choses à se faire pardonner que Cortés...

Les Espagnols, donc, ont été relativement discrets sur l'anthropophagie. Ils en ont parlé, évidemment, mais ils n'en ont pas fait un thème de propagande systématique dans toute l'Europe pour discréditer les Indiens, contrairement à leurs nombreux ennemis européens qui, eux, ont parfaitement orchestré une amplification démesurée des crimes espagnols en Amérique.

Un des rares conquistadores qui insiste, modérément d'ailleurs, par petites touches évocatrices, sur le cannibalisme est Bernal Díaz del Castillo, dont on sait toutefois la fiabilité très relative (GRAULICH 1996). Son insistance s'explique par son projet : il écrit pour défendre les conquistadores et leur capitaine à une époque où ils étaient tombés en défaveur et fort critiqués, soit peu après la fameuse Controverse de Valladolid opposant Bartolomé de las Casas à l'humaniste Juan Ginés de Sepúlveda, défenseur de la servitude naturelle des Indiens. Bernal Díaz prétendit à tort ou à raison y avoir été entendu comme témoin. Quant

à Cortés même, lorsqu'il parle vraiment du cannibalisme, c'est, on le verra, qu'il ne peut faire autrement.

Lors des nombreuses fêtes qui jalonnaient l'année religieuse aztèque, les points culminants étaient l'immolation de victimes humaines et le banquet anthropophage subséquent. Ce banquet jouait un rôle capital aux points de vue religieux aussi bien que social. Le frère Diego DURAN (*Calendario antiguo*, chap. 6, 1967, 1, pp. 234-236), qui, dans les années 1570, a pu observer des banquets célébrés, du moins officiellement, en l'honneur de saints catholiques raconte que, «... s'il y a cinq cents personnes, toutes sont occupées, elles, à moudre et à faire du pain, d'autres à faire le cacao, etc., eux, à apporter de l'eau et du bois, à souffler, attiser le feu, rôtir des dindes, balayer, décorer de branchages, préparer les appartements, rassembler la nourriture préparée dans les diverses maisons [...] comment se fait-il qu'un quartier de dix ou douze maisons dépense et fasse des frais et un banquet aussi complets et splendides que s'il y avait deux cents maisons, et qu'il invite tous les autres quartiers et les voisins, et que rien ne manque ni ne s'interrompe en ce qui concerne les mets et la boisson, mais qu'il en reste et reste encore pour se divertir le lendemain et pour que mangent ceux qui le premier jour s'occupèrent à servir les autres [...]. Je dis que c'est un usage ancien [...] car dans leur ancienne loi diabolique, chaque quartier avait son ermitage et son dieu particulier, comme patron de ce quartier, et le jour de la fête de cette idole ils s'invitaient mutuellement pour sa célébration, et ceux du quartier mangeaient et consommaient tous ce qu'ils avaient...». Ailleurs (*Ritos*, chap. 6, 1967, 1, pp. 68-69) il explique que de son temps encore, les marchands épargnaient de l'argent pendant dix ou vingt ans et dépensaient tout en un banquet solennissime le jour anniversaire de leur dieu, «afin de célébrer leurs noms et de mettre leur personnes en dignité». C'est au cours de banquets de ce genre qu'avait lieu, à l'époque aztèque, l'anthropophagie.

Les fêtes aztèques ont été décrites en détail par des religieux et leurs informateurs indiens, aussi bien en nahuatl ou aztèque qu'en espagnol, mais le banquet et le rituel cannibale proprement dits sont habituellement expédiés en quelques phrases, quand ils sont mentionnés. Visiblement, ni les questionneurs, ni les informateurs ne tenaient à insister sur cet aspect gênant, d'autant plus que pour les informateurs indiens, en parler, c'était donner l'impression d'y avoir participé. On avait donc tendance à éviter le sujet ou à minimiser les choses, mais le silence indien était parfois si flagrant que même leurs plus grands amis jugeaient nécessaire de préciser quelque peu, comme le franciscain SAHAGUN (*IX*, 10, 1969, 3, p. 43) lorsqu'il rappelle qu'on engraisait les victimes avant de les manger... [1] *

On tendait aussi à minimiser le nombre de victimes. Le codex Telleriano-Remensis, copie coloniale d'un manuscrit figuratif ancien, est éloquent à cet

* Les chiffres entre crochets [] renvoient aux notes pp. 495-496.

égard. Pour l'année 1487, il illustre la fameuse inauguration de la pyramide principale de Mexico pour laquelle, selon les sources en nahuatl, quelque 80 400 prisonniers auraient été sacrifiés. Le dessinateur représente donc l'édifice, le glyphe de la cité et les bâtonnets pour faire le feu, puis des victimes représentatives des différentes populations vaincues. Auprès de la première victime, il ajoute le chiffre de 20 000 mais s'abstient de préciser les nombres pour les autres populations. Tout porte à croire que le religieux chargé d'apporter les explications en espagnol a suggéré au scribe-dessinateur qu'il valait mieux en rester là et lui-même, dans son commentaire explicatif, parle de 4 000 victimes seulement au lieu des 20 000 que mentionne le dessin aztèque.

Autre exemple d'atténuation, le repas cannibale à Texcoco. Selon POMAR (1986, pp. 62-63), métis de la cité, après les sacrifices humains, les prêtres recueillent les cœurs, les cuisent et les mangent tandis que les corps sont emportés par les sacrifiants. Ceux-ci les préparent dans de grandes marmites puis les découpent en petits morceaux de moins d'une demi-once qu'ils distribuent aux puissants. En échange, poursuit Pomar, ils reçoivent des atours et des parures précieuses, quoique pour les seigneurs et les riches ces petits morceaux ne signifient pas grand-chose et souvent d'ailleurs ils ne les mangent même pas. Version étrange, parce qu'on sait qu'en général le partage se faisait en parties plus consistantes et qu'il y avait des morceaux hautement appréciés (SAHAGUN 1950-1981, 2, p. 49 ; VIII c. 21, 8, p. 75). Mais si on sait que Pomar était de Texcoco, qu'à l'époque coloniale cette ville se glorifiait d'avoir été la capitale culturelle de l'empire aztèque et prétendait que son plus grand souverain avait été un quasi-monothéiste opposé aux sacrifices humains, on comprend pourquoi l'anthropophagie y est minimisée et présentée comme un prétexte pour récompenser les vaillants.

On distingue habituellement trois types majeurs de cannibalisme : le rituel, l'alimentaire ou 'gastronomique' et l'accidentel. Dès le 16^e siècle, la plupart des auteurs ont regardé le cannibalisme aztèque comme essentiellement rituel — effet, peut-être, de cette tendance à atténuer. LAS CASAS (1967, 2, pp. 187-188, 196, 211, 354) et TORQUEMADA (1969, 2, p. 584, par exemple, affirment qu'on ne mangeait que la chair de sacrifiés «parce qu'ils la tenaient pour une chose sacrée et qu'ils s'y adonnaient plus par religion que par vice». PRESCOTT (1909, 1, p. 57) emboîte le pas : «ils mangeaient de la chair humaine non pas simplement pour satisfaire un appétit de brute, mais pour obéir à leur religion». Certains auteurs font les inévitables rapprochements avec la communion chrétienne, rapprochements qu'avaient évidemment déjà faits les religieux du 16^e siècle, par exemple en parlant, à juste titre d'ailleurs, du désir de faire un avec la divinité destinataire et de transsubstantiation (SPENCE 1912, p. 90 ; ANAYA MONROY 1966, pp. 211-218 ; ALCINA 1989, p. 151). VAILLANT (1965, p. 200) parle d'ingestion des vertus du sacrifié, idée reprise par BRUNDAGE (1985, p. 171) qui ajoute inconsidérément que le repas cannibale ne faisait pas réellement partie du culte de la divinité mais était une sorte de supplément individuel par lequel le

guerrier proclamait l'achèvement heureux de son duel avec l'ennemi. DUVERGER (1979, pp. 200-201) enfin observe avec raison que le cannibalisme aztèque «n'est pas réductible à une anthropophagie rituelle consacrée au partage cérémoniel d'une chair divine. Non ! L'anthropophagie fait partie de la réalité aztèque et sa pratique est beaucoup plus courante et beaucoup plus naturelle qu'on ne la présente parfois». Mais, moins sagace, il poursuit : «Ce qui est certain, c'est que le cannibalisme n'est pas — et ne fut jamais — la motivation du sacrifice. Les Aztèques ne tuent pas leurs semblables pour se procurer de la viande. Puisque les cadavres des victimes sont un *donné* du sacrifice, on ne peut l'ignorer et le laisser perdre ; il faut donc pourvoir à l'officielle organisation de cette consommation de chair humaine. L'attitude des Mexicains se situe dans le droit fil de leurs conceptions économiques qui prohibent toute dilapidation». Notons au passage, en attendant de réfuter l'absence de cannibalisme alimentaire, que les Aztèques étaient au contraire un bel exemple de société potlatch. TOWNSEND (1992, p. 92) enfin considère aussi, comme je l'ai fait moi-même dans nombre de mes écrits, qu'il s'agit d'une coutume essentiellement rituelle.

D'autres, en revanche, y voient des aspects alimentaires ou gastronomiques plus ou moins prononcés, comme PADDEN (1967, p. 99) pour qui «les nobles consommaient littéralement les gens du commun» — mais en fait ils mangeaient aussi d'autres nobles. Et de poursuivre : «The epitome of dehumanization was achieved when the lords could with good appetite sit down and eat the flesh of the plebeian, both foreign and domestic. While he did not originate the practice, Montezuma II led the van, having fat and healthy unfortunates butchered daily for his table. His favorite dish, according to Bernal Díaz, was prepared from the flesh of young boys. During the ceremonial months of spring, the lords and priests ate the children who had been sacrificed like suckling pigs ; officers of the imperial legions in Toluca marched on parched corn and human jerky». Après la Conquête, «the lords began eating pork because, as they declared, it tasted almost like human flesh. That is why the use of pork so early became a significant status symbol in post-conquest Indian society». Enfin, observe-t-il sans argument aucun (p. 286, note 33), «the taboo against eating the flesh of one's own captive was a ceremonial nicety, but was hardly more effective than Christianity's taboo against adultery». Inutile de dire que les rares réactions de la communauté scientifique n'ont pas été très chaleureuses.

On imagine dès lors la levée de boucliers devant la thèse avancée par un matérialiste culturel, Michael HARNER, honorablement connu pour ses travaux sur les Jivaro. En 1977, dans un article intitulé *The Ecological Basis for Aztec Sacrifice*, il explique que les Aztèques sacrifiaient et mangeaient des hommes par manque de protéines. Le Mexique était en effet une des rares aires culturelles à haute civilisation et à population dense qui n'avait pas de grands animaux domestiques ; c'est cette absence qui expliquerait le développement extraordinaire du sacrifice humain et du cannibalisme. Comme le disait Voltaire, «C'est

la superstition qui a fait immoler des victimes humaines, c'est la nécessité qui les a fait manger».

Cette thèse fut annoncée à grand fracas dans le *New York Times* et dans toute la presse mondiale. Très vite, le *New York Times* dut publier une protestation indignée de spécialistes du Mexique ancien que Harner avait accusés — pas tout à fait sans raison — d'avoir occulté des informations sur l'ampleur du cannibalisme aztèque, par nationalisme, ou pour présenter les Indiens d'une manière plus favorable. Puis des ripostes fusèrent de toutes parts, car un cannibalisme non «justifié» par la religion paraissait inadmissible.

L'idée n'était pourtant nullement originale, mais on connaît de moins en moins les travaux qui ont plus de dix ans. Elle était même assez répandue. On lit par exemple dans un article d'un certain J. Tramond sur l'Amérique espagnole dans l'«Histoire Universelle des Pays et des Peuples», éditée par Edouard Petit chez Quillet, à Paris, en 1924 (8, p. 207), que «cette absence d'animaux domestiques aide à comprendre ce que l'existence de ce peuple avait de limité et de précaire» et «cette pauvreté en alimentation carnée explique dans une certaine mesure l'horrible coutume de l'anthropophagie avec toutes ses conséquences pour les mœurs et la population». Tramond s'inspirait sans doute d'Edward PAYNE, qui, dans sa «History of the New World Called America» (1892-1899), avait avancé que le sacrifice humain aztèque visait en réalité «à pourvoir la classe aisée de nourriture animale». La religion n'était qu'une façade destinée à cacher ce cannibalisme organisé, dont la véritable cause était l'absence de grands animaux domestiques. «Hence human energy, in Mexico alone among advanced communities, was largely sustained by feeding on human flesh, and relied on forced human labour as its necessary auxiliary» [2]. L'idée, donc, était ancienne, si ancienne même qu'elle avait déjà motivé une instruction de Charles Quint à Cortés en 1523 (*Documentos cortesianos* 1, p. 266) encourageant l'importation de bétail pour éradiquer le cannibalisme, une instruction certainement inspirée par le conquistador qui, nous le verrons plus loin, avait d'excellentes raisons de considérer le cannibalisme comme alimentaire.

L'article de Harner a été fort critiqué, mais pas pour les bonnes raisons. On a dit, un peu vite, que les civilisations mésoaméricaines ne manquaient pas de protéines. Il est possible qu'en temps normal ils en avaient en effet en suffisance. Mais quand bien même il y aurait eu manque constant, il n'induisait pas forcément au cannibalisme puisque pratiqué à grande échelle, et donc à impact nutritionnel, il se limitait, pour autant qu'on sache, à quelques cités puissantes du Mexique central, et surtout aux couches de la population qui en avaient le moins besoin. Ailleurs, dans les cités moins importantes et les villages, on se contentait d'immoler quelques victimes, voire seulement une ou deux par an, ou même pas du tout [3]. Et, toujours pour autant que nous sachions, dans la plupart des autres grandes civilisations mésoaméricaines des périodes préclassique et classique, il n'y eut jamais de sacrifices humains et de cannibalisme à très grande échelle comme chez les Aztèques.

La thèse décriée de Harner avait du moins le mérite de justifier en quelque sorte les Indiens, d'essayer de les comprendre sans devoir imputer leur anthropophagie à une seule pensée religieuse attardée ou dévoyée, pour ne pas dire criminelle... Façon de disculper qui était aussi celle de Cortés et de Charles Quint en imputant le cannibalisme au manque de bétail.

L'article de Harner était excessif, mais il a été voué aux gémonies avec autant d'exagération. Il faut d'autant plus apprécier le courage de Yólotl GONZALEZ TORRES (1985), qui, dans sa thèse de doctorat (publiée en 1985), une des rares études d'ensemble sur le sacrifice humain aztèque, ose observer qu'il «existe des relations d'actes de cannibalisme des peuples «civilisés» des hauts plateaux sans intervention du sacrifice, et elles se réfèrent aux victimes guerrières». Elle dit sa conviction que les Aztèques étaient cannibales non seulement pour des motifs religieux mais aussi par goût ; c'est pour cela que les victimes étaient engraisées et que Bernal Díaz peut dire qu'un peu partout, on trouvait des cages pleines d'Indiens des deux sexes qu'on gavait. Je reprends plusieurs passages qu'elle tire des sources, en y ajoutant de nombreux autres qui me paraissent confirmer pleinement ses vues.

Selon plusieurs documents, les Chichimèques, considérés par les Aztèques comme de valeureux barbares et les ancêtres de la plupart d'entre eux, ignoraient les sacrifices humains. Or, les *Anales de Cuauhtitlan*, une compilation de chroniques aztèques rédigées en nahuatl au milieu du 16^e siècle, racontent (p. 25) que des réfugiés colhuas de Colhuacan introduisirent les immolations d'hommes à Cuauhtitlan en 1360, et elles précisent : «les Chichimèques ne tuaient pas encore des hommes devant leurs dieux. Ils faisaient des prisonniers et les mangeaient mais ils ne les tuaient pas devant leurs dieux (*quimictiaya amo imixpan ynteohuan*)». En d'autres mots, le cannibalisme chichimèque n'était pas rituel. TORQUEMADA (1969, 2, p. 584), de son côté, évoque le cas de Chichimèques qui tuent deux franciscains. Une troupe est lancée à leur poursuite. A soixante lieues avant Guadalajara, des Indiens de Tépec se querellent et l'un d'eux tue un Huaynamotèque en lui perçant le cœur d'une flèche. Aussitôt il s'élançe pour boire son sang, tandis que plusieurs de ses amis tirent leur couteau pour découper le mort et le manger. Les Espagnols s'interposent, leur reprochant leur acte barbare, mais le résultat en est que deux mille de ces auxiliaires, très offensés, rentrent chez eux.

Les Chinantèques d'Ucila sacrifiaient un homme et quelques animaux en été et un autre en hiver, sur ordre de Montezuma, après avoir dansé, jeûné et fait pénitence et continence. Les corps des victimes étaient livrés aux vautours. Puis avait lieu un banquet pour lequel ils achetaient trois ou quatre esclaves d'autres provinces et les tuaient pour les manger avec force beuveries et danses (*Relación de Ucila*). D'après les relations géographiques de Tetela et Hueyapan, autrefois les seigneurs mangeaient des dindes, du gibier et de la chair humaine.

Normalement, on ne pratiquait pas l'endocannibalisme. Même aux pires moments du siège de Mexico en 1521, alors que les Aztèques étaient dépourvus

de tout, ils ne mangèrent pas les cadavres des leurs. Un épisode du conflit entre Tenochtitlan et Tlatelolco illustre à merveille combien l'endocannibalisme était mal perçu et coupable. En 1469, Moquihui, roi de Tlatelolco, envoie une ambassade de quatre seigneurs aux Chalcas pour leur demander leur aide contre Mexico-Tenochtitlan. Mais les Chalcas refusent, s'emparent des ambassadeurs et les livrent pieds et poings liés à Axayacatl de Tenochtitlan qui les tue, les fait cuire et renvoie les morceaux à l'expéditeur. Les Chalcas invitent alors Moquihui et d'autres Tlatelolcas à un banquet où on leur sert leurs ambassadeurs, dont ils ignorent évidemment le sort. Axayacatl, apparemment présent, joue du tambour et danse pour la circonstance. La conséquence de cette humiliation, de cette souillure, de cette terrible injure, fut cinq années de guerre entre Tlatelolco et Tenochtitlan (CHIMALPAHIN, «Septième Relation», pp. 171-172 ; 1998, 2, pp. 99-101). Un autre cas est relaté dans la *Relación de Michoacan* (chap. 13). Le roi tarasque Tariacuri sacrifie un certain Naca d'un village voisin et envoie des morceaux de sa chair à Zurumban, le chef du village en question, en les faisant passer pour de la chair d'esclave. Zurumban les mange avec ses femmes et ses dignitaires. Lorsqu'ils apprennent que c'était la chair d'un des leurs, ils s'efforcent par tous les moyens de vomir ce qu'ils ont pris.

Il y a néanmoins des exceptions. GONZALEZ TORRES (1985, p. 295) mentionne un seul cas documenté d'endocannibalisme, lorsque les seigneurs de Mexico auraient bu les cendres de Montezuma II, événement au demeurant on ne peut plus douteux rapporté par le *Codex Tudela* (fol. 55v), souvent aberrant. Elle ajoute que la coutume, attestée par l'ethnographie, de boire du café préparé avec l'eau ayant baigné le défunt suggère que la coutume de boire les cendres a dû être assez répandue. Il est cependant un autre cas d'endocannibalisme exceptionnel qui est celui de Tlahuicole, un héros tlaxcaltèque que les Mexicas parvinrent à capturer, auquel ils rendirent de grands honneurs, mais qui exigea l'immolation à laquelle il avait droit. Auparavant, on lui servit «la nature de sa femme préparée en potage», bel exemple d'anthropophagie affective, fréquente en Australie par exemple (MUNOZ CAMARGO 1984, pp. 186-188).

Souvent, chez les cannibales, on mange les ennemis par vengeance (DAVIE 1931, pp. 110-115). Chez les Tupinambas du Brésil, dont les rites de mise à mort évoquent singulièrement le sacrifice dit gladiatoire des Aztèques, c'était d'ailleurs le seul motif (COMBES 1992, p. 53). Or au Mexique aussi, le cannibalisme était souvent conçu comme une vengeance ou comme un châtiment. Par exemple, si quelqu'un volait quoi que ce soit dans un temple, il était immolé par arrachement du cœur qui était offert au soleil ; puis le corps était mangé «pour venger le soleil» (CERVANTES DE SALAZAR 1914, p. 48). A Mixtepec, en région mixtèque, on tuait et mangeait le voleur qui s'était emparé de biens importants (*Relación de Mixtepec* ; DAHLGREN DE JORDAN 1966, p. 159). Chez les Zapotèques, la femme adultère était mise à mort et livrée aux personnes présentes pour être mangée (*Relación de Guaxilotitlan*).

Les menaces d'anthropophagie échangées à l'occasion de batailles ressortissent aussi au vaste thème de la vengeance. Lors de la guerre de Mexico-Tenochtitlan contre les Chalcas, ceux-ci, voyant qu'ils n'ont pas l'avantage, proposent une trêve et disent à leurs adversaires : «Frères mexicas, vous devez savoir que dans cinq jours, nous célébrons la fête de notre dieu Camaxtli et nous voulons la célébrer avec grande solennité [...] et nous voulons la célébrer avec vos chairs». Cinq jours après, la bataille reprend et ils menacent : «Venez, Mexicas, venez [...] le couteau de sacrifice est déjà prêt et nos femmes ont les pots au feu, attendant les morceaux de votre chair». Mais cinq cents d'entre eux seront capturés et sacrifiés par le feu (DURAN 1967, 2, pp. 141-142 ; l'auteur reproduit des témoignages d'Aztèques expliquant leurs codex figuratifs). Autre exemple, tiré de la même source (DURAN 1967, 2, pp. 78-80 ; voir aussi le texte de l'Indien Tezozomoc dans sa *Crónica mexicana* chap. 7, p. 243) et qui se situe cette fois juste avant la guerre victorieuse que les Mexicas durent livrer contre les Tépánèques d'Azcapotzalco vers 1428, guerre qui permit l'essor de leur empire. En apprenant que les nobles mexicas veulent cette guerre, les gens du commun, peu enthousiastes, manifestent leur intention de quitter la ville, mais le roi et les seigneurs leur promettent la victoire. «Et sinon ?», demanda le peuple. «Sinon, répondirent-ils, nous nous livrerons entre vos mains pour que notre chair soit votre nourriture et que vous vous vengiez de nous et nous mangiez dans des pots cassés et souillés, pour qu'en tout, nous-mêmes et nos chairs soyons traités de façon infâme» [4].

Les Espagnols firent bien sûr eux aussi l'objet de telles menaces durant la Conquête. Peu après le début de la guerre dans la ville même de Mexico-Tenochtitlan, les Mexicas sont repoussés par les envahisseurs aidés, paraît-il, par la Vierge et Saint Jacques. Aussi le chroniqueur GOMARA (1965, 2, p. 196) leur met-il dans la bouche les paroles suivantes : «si nous n'avions pas peur d'une femme et de celui au cheval blanc, votre demeure serait déjà détruite et vous-mêmes seriez déjà cuits, mais pas mangés, car vous n'êtes pas bons à manger : l'autre jour nous vous avons goûtés et vous aviez un goût amer ; mais nous vous jetterons aux aigles, lions, tigres et serpents qui vous mangeront à notre place.[... ...] Si vous ne libérez pas Montezuma et ne partez pas immédiatement, vous serez vite tout simplement morts, préparés avec une sauce au piment et dévorés par les bêtes sauvages». Si la première partie de ce passage est manifestement de la propagande espagnole, la suite en revanche a une saveur typiquement indienne, comme le confirment d'autres passages tirés des lettres de Cortés et relatives au siège de Mexico en 1521 : «Ils [les Mexicas] repartirent qu'ils n'étaient en nécessité de rien, et que, s'ils l'étaient, ils se nourriraient de nous et des Tlaxcaltèques» (CORTÉS 1963, p. 135). «Les Tlaxcaltèques leur [les Mexicas] montraient les corps de leurs concitoyens étendus par terre, se glorifiant d'en faire leur repas du soir et leur déjeuner du lendemain, ce qu'ils faisaient effectivement» (1982, p. 245 ; 1963, p. 162).

Les menaces de cannibalisme étaient censées terroriser l'ennemi. Las Casas lui-même, dans son *Historia apologética* (1967, 2, p. 502) — le titre est significatif du noble parti pris pro-indien de l'auteur —, dit que les Indiens du Guatemala fortement influencés par les Aztèques sacrifiaient et mangeaient des princes et des nobles «pour épouvanter l'ennemi et lui faire peur et le terroriser».

On ne se contentait pas de menacer l'ennemi, on le dévorait. Si des marchands déguisés en expédition dans des terres lointaines étaient reconnus, on leur tendait une embuscade et les tuait, puis on les mangeait avec du poivre du Chili (SAHAGUN IX, 19 ; 1950-1981, 9, p. 42). Ce dernier détail est important : les victimes tuées rituellement étaient bouillies dans une marmite et assaisonnées seulement de sel, d'après les données recueillies par Sahagún. Le contact direct avec le feu, réel dans la cuisson à la broche ou symbolique par l'adjonction de piment, renvoyait au domaine de la nature alors que le culte s'inscrivait plutôt dans celui de la culture. Lorsqu'il y a donc cuisson à la broche ou piment, le sacrifice serait plutôt seulement alimentaire.

D'après «Le Conquistador anonyme» (1970, pp. 6, 26), parfois malveillant, les Aztèques appréciaient la chair par-dessus tout et en guerre, ils ne laissaient pas la vie à aucun captif et mangeaient même les belles femmes.

S'il faut en croire la relation géographique les concernant, les habitants de Tequisquiatic, Citlaltepec y Xilocingo, au nord de la Vallée de Mexico, avaient pour coutume de se manger mutuellement en guerre et se faisaient d'autres cruautés notables. A propos de Xilocingo et de Citlaltepec on précise qu'ils ne mangeaient de chair humaine que d'ennemis vaincus. Chair qui, parfois, permettait à des assiégés de soutenir un siège. Lorsque les Aztèques attaquèrent Tehuantepec, le roi zapotèque Cocijoeza se retrancha à Guiengola qui fut promptement investi par l'ennemi. Les Zapotèques purent tenir en mangeant les guerriers ennemis capturés. Ils montrèrent des ossements humains à un prisonnier aztèque pour lui signifier qu'ils ne manquaient aucunement de viande puis ils le libérèrent pour qu'il puisse en informer le souverain aztèque Ahuitzotl qui, désolé, décida de lever le siège (PETERSON 1961, p. 94).

Mais c'est surtout la conquête du Mexique par les Espagnols qui nous offre des témoignages particulièrement éloquentes. Qu'on en juge. Dès la première escarmouche entre les troupes de Cortés et les Aztèques, à Tizapancingo, près de la côte du Golfe, les alliés cempoaltèques du conquistador auraient mangé quelques-uns des ennemis tués par les Espagnols ainsi qu'un enfant grassouillet bien rôti. Ce fut, note CERVANTES DE SALAZAR (1985, pp. 173-174) la première fois que les nôtres virent les Indiens manger de la chair humaine. Fort bien, mais Cortés n'en dit rien, pas plus que les autres témoins espagnols et selon plusieurs sources il n'y eut même pas de victimes du tout. D'autre part, Cervantes de Salazar écrit tard, n'a pas été témoin des faits et est favorable aux conquistadors qu'il a bien connus et qu'il a interrogés. Il est donc un auteur incertain et il est possible que son informateur ou que lui-même projette dans le passé des faits réels postérieurs.

On sait que les Espagnols entrèrent à Mexico en novembre 1519, qu'ils y furent bien reçus par Montezuma qui attendait le moment opportun de les massacrer, mais qu'ils prirent les devants en prenant l'empereur comme otage. Cinq mois plus tard, les Mexicas se révoltèrent et il y eut des batailles féroces. C'est après l'une d'elles que «ce fut un jour de fête pour les Indiens tlaxcaltèques et cempoaltèques, car ils ne laissèrent aucun corps de ces seigneurs qu'ils ne mangeassent avec du poivre du Chili et de la tomate» (CERVANTES DE SALAZAR 1985, p. 472). Finalement, les Espagnols durent fuir et n'y parvinrent qu'au prix de plusieurs centaines de morts dans leurs rangs. En 1521, ils revinrent à la charge et investirent la ville, avec leurs alliés notamment tlaxcaltèques. Le siège dura trois mois et les combats furent presque quotidiens.

Alors que les Espagnols avaient souvent faim, l'approvisionnement laissant à désirer, leurs alliés indiens en revanche s'en donnaient à cœur joie et mangeaient sans retenue, en dehors de tout contexte rituel ou religieux semble-t-il, leurs ennemis ou leurs anciens maîtres. Malgré ses efforts, Cortés ne put les empêcher, mais il se rendait parfaitement compte des horreurs auxquelles ils se livraient : «J'hésitais cependant à pénétrer dans le cœur de la ville ; je voulais voir si les ennemis protesteraient contre les cruautés commises par nos alliés, et je craignais d'exposer mes gens devant des hommes si ardemment résolus à mourir» (CORTES 1963, p. 167 ; 1982, p. 252).

La plupart des scènes qui suivent sont également rapportées par Cortés.

Lors d'une expédition contre les Matlatzincas, un lieutenant de Cortés se lance à la poursuite d'une troupe ennemie : «et sur le chemin [...] ils trouvèrent plusieurs charges de maïs et d'enfants rôtis dont ils avaient fait provision et qu'ils avaient abandonnées en voyant les Espagnols» (CORTES 1982, p. 262 ; 1963, p. 174) [5].

Peu après, à Mexico : «[...] au cri de Santiago ! nous tombâmes au milieu d'eux, les perçant de nos lances, les bousculant, et en jetant une foule par terre que nos alliés achevaient, de sorte qu'il en périt en cette affaire plus de cinq cents, tous personnes principales et de leurs meilleurs guerriers. Cette nuit-là, nos amis firent bombance, car ils enlevèrent par morceaux tous ceux que nous avions tués pour s'en régaler à loisir» (CORTES 1982, p. 269 ; 1963, p. 179).

«Les Mexicains [...] y laissèrent plus de douze mille des leurs, morts ou prisonniers, que nos alliés traitaient avec une cruauté barbare, quelque défense ou quelque châtiment que nous leur infligions». Les Mexicas supplient les Espagnols de les achever plutôt que de les laisser à leurs alliés... (CORTES 1982, p. 275 ; 1963, p. 184).

Un seigneur capturé est envoyé comme ambassadeur auprès du nouvel empereur, Cuauhtemoc, pour proposer la reddition : il est immédiatement sacrifié (CORTES 1982, p. 276 ; 1963, p. 185) et les combats reprennent. Vers la fin, lors de la prise d'un des derniers bastions, «le massacre que l'on fit de ces malheureux Mexicas tant à terre que dans la lagune fut épouvantable ; on en tua et on en prit plus de quarante mille. Les cris, les pleurs et les sanglots des femmes

et des enfants nous déchiraient à tous le cœur et nous avions toutes les peines du monde à empêcher nos amis [indiens] de tuer et faire de telles cruautés [...] laquelle cruauté jamais on ne vit chez aucun peuple, aussi brutale, aussi éloignée de tout ordre de la nature, que chez les naturels de ces régions. Nos amis firent ce jour grand butin et nous ne pouvions aucunement leur résister, car étions environ 900 et eux plus de 150 000» (CORTES 1982, p. 279 ; 1963, p. 187).

Quand enfin les Mexicas se rendent, les conquistadores essaient en vain d'empêcher leurs «amis» de tuer les restes de la population qui quitte la ville : «j'avais prévu que dans toutes les rues il y ait des Espagnols pour empêcher nos amis de tuer ces malheureux qui sortaient et qui étaient innombrables. Je dis aussi à tous les capitaines de nos amis qu'en aucun cas ils ne pouvaient permettre de tuer ceux qui sortaient ; mais ils étaient si nombreux qu'on ne put les empêcher de tuer et de sacrifier ce jour-là plus de quinze mille âmes» (CORTES 1963, p. 188 ; 1982, p. 281).

Pourquoi Cortés raconte-t-il ici ces scènes de cannibalisme à grande échelle ? Pour charger les Indiens en inventant des mensonges ou en amplifiant outre mesure ? Pour justifier, un peu tard, sa conquête ? Evidemment pas. S'il avait inventé, il aurait eu l'intelligence d'accuser ses ennemis mexicas et non ses propres alliés ! Non : il avoue ce qui s'est passé et ce qu'il n'a pu empêcher parce que ce sont ses amis qui s'en sont rendu coupables et qu'il en est responsable. Parce qu'il savait qu'on le lui reprocherait, et en particulier les amis de Diego Velázquez, le gouverneur de Cuba, aux ordres duquel il avait désobéi et auquel il avait en quelque sorte volé le Mexique. Parce qu'il savait qu'il était depuis le début dans l'illégalité et qu'il lui faudrait rendre des comptes. Parce qu'il savait donc que la moindre de ses actions serait scrutée, examinée et jugée. Et effectivement, dès juin-juillet 1521, il y eut l'*Información* de Velázquez, où des accusations de toute sorte furent portées contre le conquistador, début d'une interminable série d'enquêtes et de procès. Et on lui reprocha bien sûr d'avoir toléré le cannibalisme, certains témoins allant jusqu'à dire qu'il se fit volontairement le pourvoyeur de victimes.

Voici d'abord une des questions posées aux témoins sur ce sujet : «Item : s'ils savent, croient, virent ou entendirent dire que ledit Hernando Cortés emmène avec lui beaucoup d'Indiens de ces Caraïbes qui mangent de la chair humaine et leur donne beaucoup d'Indiens et qu'autour du camp ou de l'endroit où se trouve ledit Hernando Cortés il y a couramment des billots où on découpe les corps humains comme dans des boucheries publiques et qu'on les rôtit et les bout et en fait différents mets à manger, et qu'ils les mangent [...] et que le permet et le promet ledit Hernando Cortés et que quelques-uns des Espagnols se sont habitués à manger et mangent de la chair humaine [...]». Il y est aussi question de chevauchées dans la province de Tepeaca pour ramener des femmes et des enfants qui étaient donnés à manger aux Tlaxcaltèques et aux «Indiens caraïbes cannibales», entre autres en échange de dindes et d'objets précieux. Par ailleurs, lors de représailles brutales contre la ville de Tepeaca, qui, après la défaite et la

fuite de Cortés en 1520, avait massacré des Espagnols, Cortés aurait fait tuer 150 000 Indiens (on aura déjà remarqué que ces chiffres ne craignent pas un ou deux zéros de trop) et aurait amené sur les lieux des cannibales afin qu'ils les mangent, moyennant paiement d'or et de bijoux (*Documentos cortesianos* 1, pp. 175, 186-188).

Un certain Diego de Avila répond que partout où il arrivait, Cortés faisait placer de nombreux billots comme ceux des boucheries et que les Tlaxcalèques découpaient de nombreux corps d'Indiens et les vendaient, que les Indiens les mangeaient «rôtis ou bouillis» sous les yeux de Cortés, que Baltasar Bermúdez dit avoir vu un Espagnol et que Cortés admet notoirement que les Espagnols livrent les Indiens capturés aux cannibales en échange de dindes et d'autres choses... (*Documentos cortesianos* 1, p. 201).

En 1529, lors de la demande de comptes (*juicio de residencia*) à Cortés, un de ses ennemis, Bernardino Vázquez de Tapias, fait autre chose que simplement répéter ce que disent les questions et explique que Cortés «essaya toujours d'interdire aux Indiens d'avoir des idoles et de sacrifier mais que pendant de nombreux jours on leur permit de manger de la chair humaine parce qu'ils étaient là pour aider les Espagnols à la guerre avec le désir ardent de manger cette chair des gens que tuaient les Espagnols [...] et qu'après ici ce témoin n'a vu ni su si on leur a interdit ou non ladite manducation de chair» (*Documentos cortesianos* 2, p. 39).

Tout ce qui précède conduit à accorder plus d'attention aux textes mentionnant le cannibalisme ordinaire de Montezuma par exemple. Était-ce vraiment seulement calomnie quand les conquistadores anonymes compilés par OVIEDO (1959, 4, p. 219) disent que, parmi les trois mille plats servis à l'empereur, il y avait habituellement de la chair humaine ? Bernal Díaz (chap. 91) pour sa part affirme «qu'on avait l'habitude de lui accommoder des chairs d'enfants de l'âge le plus tendre. Comme d'ailleurs on lui servait des plats si divers, à base si compliquée, nous ne distinguâmes pas si c'était de la chair humaine ou autre chose», mais compte tenu du fait qu'il n'était pas sur place et de sa tendance à broder, on est en droit de croire qu'il pille Oviedo. Quant à l'origine de ces chairs, les principales sources possibles étaient le sacrifice et le marché. Or on a des textes parlant de vente de chair humaine au marché, textes qu'on a peut-être trop vite eu tendance à rejeter. Le témoignage le plus ancien nous vient d'une lettre du licencié Suazo écrite en 1521. Il raconte que des parties du corps du sacrifié étaient parfois vendues au marché (SUAZO 1521, p. 362) et Bernal Díaz (chap. 51) «a entendu dire» la même chose à Cempoala. Mais Suazo, s'il est parfois intéressant, est aussi souvent peu fiable et résolument anti-indien. C'est lui aussi, par exemple, qui dit que les prêtres aztèques sodomisaient des garçonnets avant d'aller sacrifier des hommes, point qu'aucune autre source ne confirme. Quant à Bernal Díaz, il a les mêmes partis pris. Mais il y a aussi la *Relación de Querétaro*, selon laquelle la chair des captifs sacrifiés était coupée en petits morceaux qu'on cuisait ou bouillait pour les vendre au marché comme des

choses hautement appréciées et à prix très élevés. La vente au marché n'est donc pas nécessairement à rejeter.

Conclusion

La juxtaposition de tous ces témoignages, dont ceux de Cortés, franchement gênants pour lui et qu'il n'avait donc aucun intérêt à inventer, montre bien que le cannibalisme n'était pas exclusivement rituel. Il était pratiqué même sur le champ de bataille, après (ou même peut-être pendant) le combat et en dehors de tout contexte festif ou religieux — sauf, peut-être, une élévation par le vainqueur d'une partie du vaincu, son cœur par exemple, vers le ciel ou le soleil, comme le faisaient les Chichimèques avec leur gibier avant de le consommer ; mais un bénévolence ne transforme pas un repas en rite religieux [6]. Ce qui s'est passé à Mexico en 1521 devait aussi se produire à chaque prise de ville, mais, sans doute, à une échelle plus réduite, car à Mexico tous les peuples opprimés par les Mexicas étaient venus participer à la curée. Par la suite, dans les sources, les Espagnols — c'est-à-dire surtout les religieux — et leurs informateurs se sont entendus pour ne pas trop insister sur ces aspects, et ce à une époque où la rationalité des Indiens et leur capacité à se gouverner eux-mêmes étaient mises en doute par de nombreux colons, appuyés par des humanistes de l'époque. Ce cannibalisme n'est pas imputable au manque, parfois sans doute bien réel, de protéines. Même ordinaire, il pouvait difficilement être réprouvé par les Aztèques puisqu'ils imaginaient leurs dieux comme les premiers et les plus grands cannibales qui soient, mangeurs d'autres dieux (comme le soleil à sa création à Teotihuacan) et surtout, pour s'en venger, d'hommes.

NOTES

- [1] Ce qui devient, dans LOPEZ AUSTIN 1980, 1 : 440 : «Des auteurs aussi équitables que Sahagún ont essayé de donner, à ce qui était une pratique magico-religieuse, une forte allure gastronomique, et ainsi, dans son 'Histoire générale' le franciscain dit que les commerçants engraisaient des hommes destinés au sacrifice afin qu'ils soient plus savoureux lors du repas». Mais, poursuit-il, il s'agit d'un ajout de Sahagún qui ne se trouve pas dans les documents de base, laissant entendre qu'il exagère.
- [2] WHITE 1971 cite un certain J. P. MCHENRY, auteur d'une «Short History of Mexico», pour qui le cannibalisme est un effet du manque de protéines.
- [3] Par exemple, la *Relación de Ucila*.
- [4] Ce passage montre bien que les seigneurs qui prônaient la guerre n'avaient pas la même origine que les gens du commun. La version de TEZOZOMOC (chap. 7, p. 1878 : 243) insiste d'ailleurs sur ce point, puisque le peuple précise qu'il pourra manger les seigneurs «car quand nous sommes venus et sortis de nos terres [d'origine], nous n'amenâmes ni parents ni apparentés, mais [des gens] très différents les uns des autres».

- [5] Commentant ce passage, QUEZADA RAMIREZ (1972, p. 64) note avec surprise — tellement on a accordé peu d'importance à ce genre de texte — que «si ce qu'affirme Cortés s'avère, nous sommes confrontés à un trait inconnu jusqu'à présent dans le reste de la Mésoamérique».
- [6] La *Leyenda de los Soles* raconte que les premiers hommes, les 400 Mimixcoa, prototypes des guerriers massacrés, furent condamnés au sacrifice pour n'avoir pas présenté leur gibier au soleil et à la terre avant de le manger. Les dieux mangent donc les hommes pour se venger de leur négligence à leur égard. Sur ce sujet, voir GRAULICH 2000.

BIBLIOGRAPHIE

- ALCINA FRANCH, J. 1989. Los Aztecas. — *Historia 16*, Madrid.
- ANAYA MONROY, F. 1966. La antropofagia entre los antiguos mexicanos. — *Estudios de Cultura Náhuatl*, 6 : 211-218.
- ARENS, W. 1979. The Man-eating Myth : anthropology & anthropophagy. — Oxford Univ. Press, New York.
- BRUNDAGE, B. C. 1985. The Jade Steps, a Ritual Life of the Aztecs. — Univ. of Utah Press, Salt Lake City.
- CERVANTES DE SALAZAR, F. 1971. Crónica de la Nueva España (2 vol.). — Biblioteca de Autores Españoles, Ediciones Atlas, Madrid.
- CHIMALPAHIN, D. 1998. Las ocho relaciones y el Memorial de Colhuacan (2 vol.) — In : TENA, R. (Ed. & trad.), Cien de México, Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, Mexico.
- COMBES, I. 1992. La tragédie cannibale chez les anciens Tupi-Guarani. — PUF, Paris.
- CORTES, H. 1963. Cartas y documentos. — Porrúa, Mexico.
- CORTES, H. 1982. La conquête du Mexique. — FM/La Découverte, Paris.
- DAHLGREN DE JORDAN, B. 1954. La Mixteca : su cultura e historia prehispanicas. — UNAM, Mexico.
- DAVIE, M. R. 1931. La guerre dans les sociétés primitives. — Payot, Paris.
- DIAZ DEL CASTILLO, B. 1947. Verdadera Historia de los Sucesos de la Conquista de la Nueva España. — Biblioteca de Autores Españoles 26, Ediciones Atlas, Madrid.
- DIAZ DEL CASTILLO, B. 1987. Histoire véridique de la conquête de la Nouvelle-Espagne (2 vol.). — La Découverte, Paris.
- Documentos cortesianos (3 vol.) 1990. — In : MARTINEZ, J. L. (Ed.), UNAM, F.C.E., Mexico D. F.
- DURAN (Fray Diego) [1581]. Historia de los indios de la Nueva España e Islas de la Tierra Firme (2 vol.). — In : GARIBAY, A. M. (Ed.), Porrúa, Mexico, 1967.
- DUVERGER, C. 1979. La fleur létale : économie du sacrifice aztèque. — Le Seuil, Paris.
- GONZALEZ TORRES, Y. 1985. El sacrificio humano entre los mexicas. — Fondo de Cultura Económica, INAH, Mexico.
- GRAULICH, M. 1996. "La mera verdad resiste a mi rudeza" : forgeries et mensonges dans l'«Historia verdadera de la conquista de la Nueva España» de Bernal Díaz del Castillo. — *Journal de la Société des Américanistes de Paris*, 82 : 63-95.
- GRAULICH, M. 2000. Aztec human sacrifice as expiation. — *History of Religions*, 39(4) : 352-371.
- HARNER, M. 1977. The Ecological Basis for Aztec Sacrifice. — *American Ethnologist*, 4 (1) : 117-135.

- LAS CASAS (Fray Bartolomé de) 1967. Apologética historia sumaria (2 vol.). — *In* : O'GORMAN, E. (Ed.), UNAM, Mexico.
- Le Conquistador anonyme. — *In* : ROSE, J. (Ed. & trad.), Institut français d'Amérique, Mexico.
- LOPEZ AUSTIN, A. 1980. Cuerpo humano e ideología. Las concepciones de los antiguos nahuas (2 vol.). — UNAM, Mexico.
- LOPEZ DE GOMARA, F. 1965-1966. Historia general de las Indias (2 vol.). — Iberia, Barcelona.
- MUNOZ CAMARGO, D. 1984. Descripción de la ciudad y provincia de Tlaxcala. — *In* : ACUNA, R. (Ed.), Relaciones geográficas del siglo XVI : Tlaxcala (t. 1), UNAM, México.
- NAJERA, C. & MARTHA, I. 1987. El don de la sangre y el equilibrio cósmico : el sacrificio y el autosacrificio sangriento entre los antiguos Mayas. — UNAM, Mexico.
- OROZCO Y BERRA, M. 1960. Historia antigua y de la conquista de México (4 vol.). — Porrúa, Mexico.
- OVIEDO Y VALDES, G. (Fernández de) 1959. Historia general y natural de las Indias (5 vol.). — *In* : PEREZ DE TUDELA BUESO, J. (Ed.), Ediciones Atlas, Madrid.
- PADDEN, R. C. 1967. The Hummingbird and the Hawk. Conquest and Sovereignty in the Valley of Mexico, 1503-41. — Ohio State Univ. Press, Columbus, Ohio.
- PAYNE, E. J. 1892-1899. History of the New World Called America (2 vol.). — Londres.
- PETERSON, F. A. 1961. Le Mexique précolombien. — Payot, Paris.
- POMAR, J. B. 1986. Relación de la ciudad y provincia de Texcoco. — *In* : ACUNA, R. (Ed.), Relaciones geográficas del siglo XVI : México (t. 3), UNAM, Mexico.
- PRESCOTT, W. H. 1909. The Conquest of Mexico (2 vol.). — Dent, Dutton, Londres/New York.
- QUEZADA RAMIREZ, M. N. 1972. Los Matlatzincas : época prehispánica y época colonial hasta 1650. — INAH, Mexico.
- Relación de Michoacan 1989. — *In* : CABRERO, L. (Ed.), *Historia 16*, Madrid.
- SAHAGUN (Fray Bernardino de) 1950-1969. Florentine Codex, General History of the Things of New Spain (12 vol.). — *In* : ANDERSON, A. J. O. & DUBBLE, C. E. (Ed. & trad.), The School of American Research and the University of Utah, Santa Fe, New Mexico.
- SAHAGUN (Fray Bernardino de) 1956. Historia general de las cosas de Nueva España (4 vol.). — *In* : GARIBAY, A. M. (Ed.), Porrúa, Mexico.
- SPENCE, L. 1912. The Civilization of Ancient Mexico. — University Press, Cambridge.
- SUAZO, A. 1858. Carta... — *In* : GARCIA ICAZBALCETA, J. (Ed.), Colección de documentos para la historia de México, 1, Mexico, pp. 358-367.
- TEZOSOMOC, F. A. 1878. Crónica mexicana precedida del Códice Ramírez. — *In* : OROZCO Y BERRA, M. (Ed.), Ireneo Paz, Mexico.
- TORQUEMADA (Fray Juan de) 1969. Monarquía indiana (3 vol.). — Porrúa, Mexico.
- TOWNSEND, R. F. 1992. The Aztecs. — Thames and Hudson, Londres.
- VAILLANT, G. C. 1965. Aztecs of Mexico. Origin, Rise and Fall of the Aztec Nation. — Penguin Books, Baltimore.
- VOLLHARD, E. 1939. Kannibalismus. — Ewald, Stuttgart.
- WHITE, J. M. 1971. Cortés and the Downfall of the Aztec Empire. — H. Hamilton, Londres.

Classe des Sciences naturelles et médicales

Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen

Reorganizing Child Health Services : Evidence for the New Millennium ?*

by

Patrick KOLSTEREN**, Tom HOEREE***,
Pierre LEFEVRE*** & Dominique ROBERFROID***

KEYWORDS. — Child Growth and Development ; Stunting ; Wasting ; Health Services ; Nutrition ; Growth Monitoring.

SUMMARY. — On the basis of present evidence on the dynamics of growth and development of children in developing countries, we propose a strategy to improve the growth and development of children taking into account the role of the health system, the parents and the community. The first years of a child's life are an important period in which it adapts to its natural environment. Indicators such as morbidity, mortality, stunting or wasting show that child growth and development is still far from acceptable in developing countries. Both the specific intervention approach and the health system approach, largely based on growth monitoring, have failed to considerably improve indicators of child growth and development. Finding malnourished children through regular weighing has proven to be rather inefficient. Children face a number of incidents in their life, which can become risks if they occur during a vulnerable, critical or absolute period. If one takes this into account, a new strategy can be formulated to prevent these incidents and which considers the child in a more global context. Weighing should be a support activity not only performed during preventive consultations. The present paper proposes a set of activities to be undertaken at specific periods in life and based on available evidence.

TREFWOORDEN. — Groei en ontwikkeling van het kind ; *Stunting* ; *Wasting* ; Gezondheidsdiensten ; Voeding ; Groeimonitoring.

SAMENVATTING. — *Herorganisatie van de kinderczorg : Oriëntaties voor het nieuwe Millennium.* — Een strategie om de groei en ontwikkeling van kinderen jonger dan vijf jaar te bevorderen wordt voorgesteld in dit document. Dit wordt gedaan op basis van de studies van de groeodynamiek van kinderen in ontwikkelingslanden. Het voorstel tracht zowel de rol van de gezondheidsdiensten als van de ouders in kaart te brengen. De eerste levensjaren zijn een belangrijke periode van aanpassing aan de natuurlijke omgeving. Indicatoren van morbiditeit, mortaliteit, lengtegroei en magerte tonen aan dat de groei en de ontwikkeling van kinderen in ontwikkelingslanden nog verre van optimaal is. Zowel de specifieke interventies als de activiteiten georganiseerd door de gezondheidsdiensten

* Paper presented at the meeting of the Section of Natural and Medical Sciences held on 23 May 2000. Text received on 9 May 2001.

** Prof. Public Health Dpt., Institute for Tropical Medicine, Antwerp (Belgium).

*** Assistants Nutrition and Child Health Unit, Institute of Tropical Medicine, Antwerp (Belgium).

hebben de verwachtingen niet kunnen invullen. Kinderen kennen tijdens hun ontwikkelingen incidenten die risico's kunnen worden indien ze samenvallen met een kwetsbare, kritische of absolute periode. Indien men met deze periodes en met de incidenten rekening houdt, kan een nieuwe strategie geformuleerd worden om deze incidenten te voorkomen en het kind in een meer globale context te benaderen. Het wegen van kinderen moet een ondersteunende activiteit blijven van de preventieve consultaties. Op basis van de beschikbare bewijsvoering wordt een voorstel gedaan van activiteiten die men moet ondernemen en het tijdstip waarop deze moeten gebeuren.

MOTS-CLES. — Croissance et développement de l'enfant ; *Stunting* ; *Wasting* ; Services de santé ; Nutrition ; Contrôle de croissance.

RESUME. — *Réorganiser les soins de santé pédiatriques : Quelles sont les orientations pour le nouveau millénaire ?* — Une stratégie est proposée pour améliorer la croissance et le développement des enfants de moins de cinq ans, sur base des connaissances actuelles en la matière. Cette stratégie prend en considération le rôle des services de santé et des parents. Les indicateurs de mortalité, morbidité, de retard de croissance en taille et de maigreur des enfants, montrent que le développement et la croissance des enfants dans les pays du Tiers-Monde sont loin d'être acceptables. Autant les activités spécifiques, dites verticales, que les activités intégrées aux services de santé, largement basées sur le contrôle de croissance, n'ont pas produit les résultats escomptés. La pesée régulière s'avère être peu efficace pour détecter les enfants mal nourris. Pendant leur croissance, les enfants subissent des incidents, c'est-à-dire des épisodes nutritionnels et sanitaires défavorables, qui peuvent constituer des risques si ces incidents surviennent dans des périodes vulnérables, critiques ou de risque absolu. Une nouvelle stratégie de prise en charge préventive peut être formulée en prenant en compte l'existence de ces périodes. Cet article propose un schéma d'activités et un calendrier basés sur l'information scientifique disponible.

1. Introduction

The health of children, in particular under the age of five, has been a concern to many national and international organizations. Much effort has gone in controlling infectious diseases and improving the nutritional status. Immunization coverage has increased dramatically and many countries are running supplementation programmes to decrease vitamin A deficiency. To improve the prevalence of malnutrition, investments have been made in growth monitoring programmes to identify malnourished children and create a forum for communication with the parents. It is clear that today, fewer infants and children under the age of five die in comparison to 10-20 years ago. However, if we were to look at children's health from a broader perspective, such as growth and development in general, we would find that a lot of work still needs to be done.

Traditionally, health indicators of children have focused on mortality and general nutritional status. Few indicators exist to allow a broader appreciation of child health. The available indicators show, however, that the situation in many

countries is far from satisfactory. As can be seen in table 1, mortality figures remain high for subsaharan Africa, south Asia and the least developed countries. Although there is a downward trend, indicators of growth performance remain poor. Overall prevalence of thinness or wasting [1] * is still about 9.4 %. Short stature or stunting [2] concerns almost half the child population in some parts of the world (UNICEF 1999).

Malnutrition is closely linked to the risk of dying in severely ill children (ALAM *et al.* 1989, BRIEND & BARI 1989, CHEN *et al.* 1980, HEYWOOD 1982, KIELMANN & McCORD 1978, SMEDMAN *et al.* 1987, VAN DEN BROECK *et al.* 1993, YOON *et al.* 1997). It is estimated that 55 % of child deaths are associated with malnutrition (PELLETIER 1994, SCHROEDER & BROWN 1994). Child mortality is thus an indication of the importance of malnutrition as a public health problem.

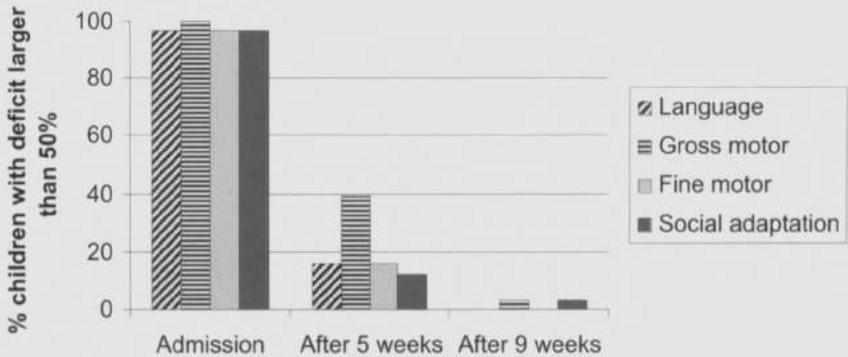
Table 1
Indicators of Child Growth and Development

	Mortality Rate in under 5 (%)	Mortality Rate in under 1 (%)	Wasting Rate in under 5 (%)	Stunting Rate in under 5 (%)
Subsaharan Africa	175	105	8	42
Middle East and North Africa	65	50	7	23
South Asia	119	80	17	52
East Asia and Pacific	54	41	?	?
Latin America	43	35	3	18
Industrialized countries	7	6	—	—
Least developed countries	171	109	10	47

Source : UNICEF. The state of the world's children 1999 (UNICEF 1999).

Unfortunately at present, very little information exists on child development in general in developing countries. Development delays have been studied predominantly in severely malnourished infants in order to see to what extent these deficits are permanent (GRANTHAM MCGREGOR 1988 ; GRANTHAM MCGREGOR *et al.* 1989, 1991). It is clear that development delays are associated with malnutrition and that in very severe cases complete recovery is unlikely. In a recent study in Bolivia, the extent of psychomotor delay together with malnutrition and its recovery rate were studied in hospitalized children. In the nutrition rehabilitation unit of the paediatric department of the *Universidad Mayor de San Simón*, in Cochabamba, Bolivia, all children admitted were tested for development scores using the adapted Denver score (FRANKENBURG & DODDS 1967). The children received specific psychomotor stimulation during their stay at the unit. On admission it was found that more than 90 % of the children had a deficit of more

* The numbers in brackets [] refer to the notes p. 515.



Source : (SEVILLA *et al.* 2000).

Fig. 1. — Denver Test Score Results of Children admitted with Severe Malnutrition.

than 50 % (fig. 1). It took a full nine weeks for the majority of them to recover from this deficit with intensive stimulation during their rehabilitation phase (SEVILLA *et al.* 2000).

There is some evidence that children with less severe forms of malnutrition also suffer from delays in their development. A recent investigation in the Philippines showed that IQ scores of stunted children at the age of 8 were 11 points lower than the scores of non-stunted children (WHO 1999a). It thus seems that even moderate malnutrition has an influence on psychomotor development, which will undoubtedly affect school performance and, at a later stage, job opportunities.

2. Answer to the Problem : “The Magic Bullet” versus “The Health System” Approach

In response to this important health burden, national and international strategies have been put in place to correct the deficits but with varying success. On the one hand we have seen the “magic bullet” approach where a specific activity is organized to address a major problem. Examples of such programmes are diarrhoea control programmes, supplementation programmes with single nutrients, de-worming programmes, etc. Usually their main objective is decreasing infant or child mortality rates. In the field of nutrition, interventions have targeted specific age groups with food supplements which are high in protein or energy, vitamin A supplements, and more recently zinc supplements. The health services on the other hand have been heavily supported by international organizations to implement preventive activities to correct malnutrition, mainly by concentrating on the detection of malnourished children through growth monitoring. In this

programme, mothers are invited to bring their children to the health services to have them weighed at regular intervals. Their weight is plotted on a weight for age chart. At first, the charts were drawn up in such a way that the degree of malnutrition could be determined. When it became clear that some children were stunted and would always be diagnosed as malnourished, the chart was adapted and criteria changed. Now the aim is to identify a change in growth patterns, a deceleration or a weight increase, in order to understand the nutritional status. The chart is used as a communication tool when meeting the parents and provide relevant advice on child nutrition. If necessary, malnourished children should enter a nutrition rehabilitation programme.

2.1. THE MAGIC BULLET TO CONTROL DEFICIENCIES

The single supplement interventions have so far yielded very disappointing results. Supplementation studies have shown that a supplement of vitamin A (MUHILAL *et al.* 1988a, 1988b; WEST *et al.* 1988), zinc (BATES *et al.* 1993; GIBSON *et al.* 1989; HALSTED *et al.* 1972; HAMBIDGE *et al.* 1976; MOSER-VEILLON & REYNOLDS 1990; RONAGHY *et al.* 1969; SIMMER *et al.* 1991; WALRAVENS *et al.* 1983, 1989, 1992; WALRAVENS & HAMBIDGE 1976) and to a lesser degree iron (ALLEN 1994, CHWANG *et al.* 1988) can improve growth and in particular linear growth. The correction of the deficits however is limited and a full growth deficit recovery is, unfortunately, never observed.

Micronutrient deficiencies, however, remain important. They are for instance more widespread than previously thought. Currently, it is accepted that a state of marginal deficiency exists, next to the overt clinical picture, and that general health effects can be attributed to it. This is because such deficiencies affect metabolic pathways, which increase the risk of infection and thus mortality, development and growth. The importance of marginal deficiencies was underlined at the International Conference on Nutrition, held in Rome in 1992. New deficiencies are also being documented and their importance established. Zinc deficiency is emerging as a much more important health problem and more widespread than initially thought. In the urban area of João Pessoa in the Northeast of Brazil for instance, we found hair-zinc concentrations to be very low in pre-school children between 3-5 years. 61 % of these had low zinc levels ($< 1.68 \mu\text{mol/g}$) while 38 % had values of $< 1.1 \mu\text{mol/g}$ suggesting severe deficiency (SILVA-SANTANA *et al.* 2000). The importance of zinc deficiency in physiological terms is not very clear. Very few controlled supplementation interventions have studied other effects than linear growth or weight increase.

The fact that these micronutrient deficiencies are very widespread does not mean that targeted interventions will entirely correct growth deficits. The effects of supplementation studies have so far been very limited indeed. This has again underlined the concept of limiting factors and the need to look at the problems in a multicausal perspective. Indeed, the correction of one deficit is often

hampered by the existence of others. Interactions between micronutrients are documented and they are possible between zinc, vitamin A and iron (BLOEM 1995). When treating for instance iron-deficient women with iron alone, iron and vitamin A or iron, vitamin A and zinc, we see that the group receiving the three elements responded best to the treatment (table 2) (KOLSTEREN *et al.* 1999). The effect of interactions and the limited effect of supplementation in the presence of another deficiency has given new life to the concept that malnutrition in general is a multi-deficiency syndrome. These concepts are translated in new guidelines for treating severely malnourished children (WHO 1999b). A rehabilitation diet provides energy with normal maintenance quantities of protein, but with additional vitamins and minerals. The use of this diet results in a considerable drop in the case fatality rate of severe malnutrition.

Table 2
Increase in Haemoglobin after Two Months' Treatment in Non-Pregnant Adult Women in Dinajpur, Bangladesh, according to Treatment Scheme

Haemoglobin increase in gram / L		
iron	iron + vitamin A	vitamin A, zinc, and iron
13,4	15,9	17,9

Source : KOLSTEREN *et al.* 1999.

Deficiencies of macronutrients and low content of the diet in total energy and proteins have also extensively been studied as causes of sub-optimal growth. The results of supplementation studies dating back to the 1970s are rather disappointing. Growth improved during supplementation but to a much lesser degree than expected (ALLEN 1994, BEATON & GHASSEMI 1982, MARTORELL & KLEIN 1980, SIMONDON *et al.* 1996). Recent reviews assume that, next to dilution of the supplements in the family, the relative shortage of micronutrients in the supplements could also have accounted for the poor response (ALLEN 1994).

Next to their poor results, single strategies have also suffered from implementation problems. They are usually expensive, depend to a very large degree on international aid and are not very sustainable.

2.2. THE HEALTH SYSTEMS APPROACH

The other strategy for promoting child growth has focused on the health system. Efforts have concentrated on two axes :

- Growth monitoring (*i.e.* the regular weighing of children and plotting on a chart) ;
- Nutritional advice and treatment of malnutrition.

On the basis of findings of a strong association between the degree of malnutrition — measured by weight for age — and the risk of mortality, growth

monitoring using this index has been promoted worldwide as a screening tool. However this assumption can be criticized on several grounds.

- Although an association exists between the degree of malnutrition and the risk of subsequent mortality, the strength of the association depends very much on context and local causality. Many factors could confound and/or modify the association: age (KATZ *et al.* 1989, KIELMANN & MCCORD 1978, SMEDMAN *et al.* 1987), sex, socio-economic status (VAN LERBERGHE 1990), and seasonality (KIELMANN & MCCORD 1978).
- Variations in growth do not necessarily lead to severe malnutrition and the reasons for accumulating a weight for age deficit can be nutritional, infectious or a result of stunting (SCHROEDER & BROWN 1994).
- Predictive values of weight changes are exceptionally low: a weight loss does not necessarily lead to malnutrition, and mortality is a rare phenomenon (ALAM *et al.* 1989, BAIRAGI *et al.* 1993, BRIEND & BARI 1989, Kasongo Project Team 1986).
- Growth monitoring is a very time-consuming intervention for both mothers and health workers. Reality shows that not even 10 % of the planned activities and contacts take place (GEREIN & ROSS 1991, NDAO 1992).
- Early detection should lead to appropriate and accepted activities. However, we observe that strategies for nutrition rehabilitation are often not in place and health education messages, if provided, are usually badly understood or accepted by the population. Messages are re-interpreted by caretakers who use their own explanatory frameworks. The basic concepts of cause and effect often differ between caretaker and health provider. Even in case of extreme malnutrition, lay people do not explain its causes in terms of insufficient food intake. In the example of Nepal (table 3), even if perceived as a problem, kwashiorkor and marasmus are explained either through supernatural or natural causes and the link with food intake is not made (KOLSTEREN *et al.* 1997a). The way different groups in a community perceive growth and development can also be very different. For the health worker, growth is normal when the child follows the growth curve, while for the caretaker the child is developing well when it is sociable, expressive, plays and is generally in good condition (YILA-BOUMPOTO 1999). The growth pattern plays a very limited role in this perception.
- Although designed to detect malnutrition, the growth monitoring programme is not always the most efficient way to detect malnourished children. In Bolivia for instance, the nutrition rehabilitation activity was rationalized in first-line health centres. All children coming for curative services were weighed and their weight for height calculated. Criteria for identifying children in need of nutrition follow-up and eligible for this programme were defined and detailed treatment guidelines written down. Once the programme was operational, the chance of detecting a child through the curative services

Table 3
Perception of Malnutrition in Relation to Degree of Problem

	Severe Cases (Kwashiorkor, marasmus)	Moderate Malnutrition
Perceived as a problem	Yes (serious)	No
Children considered ill	Yes	No
Perceived causes	Supra-natural	Natural
	Social	
	Natural	
Relation with food intake	No	No
Health seeking behaviour	Traditional healers first	Non-applicable
Transmission	Direct or indirect contact (wind, shadow)	Non-applicable

Source : KOLSTEREN *et al.* 1997a.

became 4-6 times higher than through the growth monitoring activity (E. Sejas, personal communication).

If both specific interventions and activities organized through the health system fail to fulfil expectations, the question on what could be the possible alternatives remains. A starting point could be the analysis of what affects a child's growth.

3. What are the Factors affecting Growth and Development of Children in the First Years of their Life ?

During their lifetime children face a number of incidents, like diseases or changes in food patterns. These can become risks, which have a negative effect on their growth and development. Some of these incidents represent almost absolute risks. In other cases the translation of incident into risk depends on the period in life during which this incident occurs. The effects of changes in dietary habits for instance will be more marked if they occur during the first months of life rather than when they happen when the child is four years old. Thus, if we want to identify when a child is at risk, we have to combine the knowledge of an incident with the characteristics of a period. The risk of some incidents, depending on the period when they occur, will vary from very little to almost absolute. This is the case for defects that need to be corrected before they become permanent.

As such, we can identify a "critical period", a "vulnerable period" and an "absolute risk period". A critical period is a period during which a nutrient deficit or a morbid episode has lasting effects that appear later in life. The incident triggers incorrigible mechanisms. A vulnerable period is a period

during which the effect of a deficiency or a morbid period has a more profound effect than at other times in life. It is also a period during which the child is particularly vulnerable to environmental changes. Whooping cough, for instance, does not have very serious consequences in older children but can be very dangerous in young infants. An incident which occurs during an absolute risk period implies that the deficit needs to be corrected if a return to normal is to be expected. If club feet are not corrected early in the postnatal period, the correction becomes very difficult later in life.

3.1. CRITICAL PERIODS

The notion of "critical periods" in growth was introduced after researchers had found that growth deficits could have profound and lasting effects on health outcomes. The British researchers Widdowson and McCance were the first to investigate the effect of malnutrition in animal models (WIDDOWSON & McCANCE 1963). They demonstrated that undernutrition in rats immediately after birth had a lasting effect. The rats stayed small. This relationship between early malnutrition and later development was consequently demonstrated in other animals (BARKER 1994, CHANDRA 1975, LAFEVER 1981, MORSE & VOHRA 1971). Depending on the timing, duration and severity of the nutrient deficits, effects could be demonstrated on blood pressure, insulin secretion, development of the central nervous system and behaviour. Undernutrition during pregnancy did not only have an effect on the offspring but could also be documented in the second generation (LUMEY 1992).

The existence of these critical periods can be explained through different mechanisms. Expression of genes can be influenced by external factors. Genes are continuously switched on and off during growth. If a gene is not or only partly switched on in a certain period, we can assume that it will not be possible to switch it on afterwards. Another explanation could be that during certain periods, rapid cell growth could be affected. Periods of rapid cell growth differ between organs in the development period. Winick and co-workers vigorously defended the theory : that when a period of rapid cell growth has run its course, complete recovery is not possible (WINICK *et al.* 1972). We observe in fact that "critical periods" coincide with periods of rapid growth.

In humans, periods with the highest growth velocities are found before birth and during the first year of life. At 27 weeks' gestation, a foetus weighs 1,000 g and at 40 weeks 3,500 g. A neonate's length is 50 cm at birth and 76 cm at the age of 1. About half the adults' size is attained at the age of 2. Brain weight increases from 475 g at birth to 1,450 g one year later.

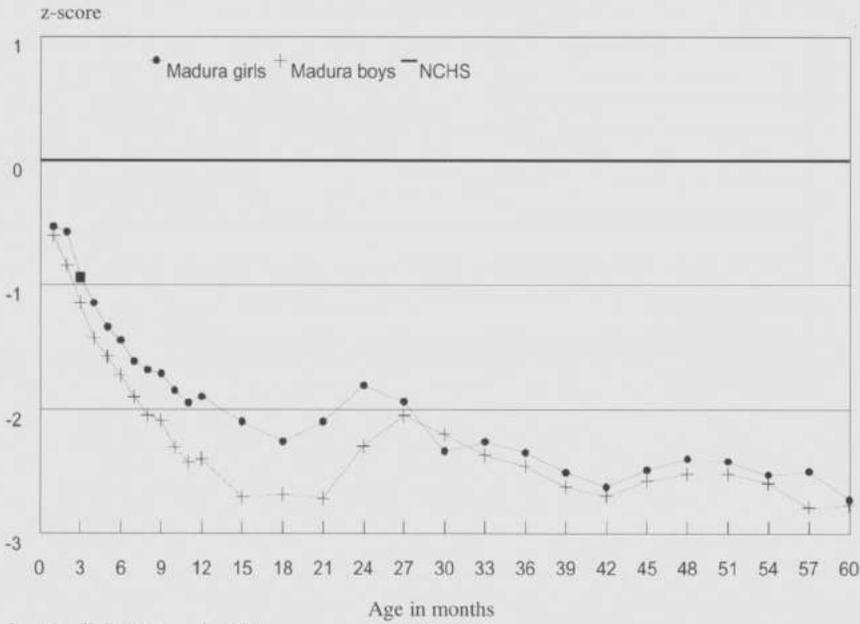
The relationship between duration and timing of undernutrition and growth, based on animal studies, has also been demonstrated in humans. Undernutrition in early pregnancy results in newborns with a proportional growth deficit (*i.e.* both weight and length are reduced). A nutrient deficit in late pregnancy has a

relative "head sparing" effect; weight is lower in relation to length (KRAMER *et al.* 1989, 1990). Birth weight can be seriously affected by the nutritional status of the mother. The best known examples are the Dutch winter famine in West-Holland in 1944-45 and the famine which occurred during the siege of Leningrad. Birth weight in Holland decreased by 240 g during the famine and even by 500-600 g during the siege of Leningrad (ANTONOV 1947, SMITH 1947). Birth weights in these affected populations returned quickly to normal once food rations were restored to adequate levels.

Intra-uterine growth deficits can also have lasting effects. Low birth-weight babies born during the Dutch winter famine (1944-45) were found to have normal length and intellectual development (STEIN *et al.* 1975, SUSSER & STEIN 1994) but to have a higher weight if their stress period occurred during the first trimester of pregnancy (RAVELLE 1999). Low birth-weight females also had low birth-weight offspring, indicating that the intra-uterine effect crossed generations (LUMEY 1992). In Britain, the epidemiologist Barker demonstrated a relationship between low birth weight and the risk later in life of cardiovascular diseases, high blood pressure, diabetes, chronic bronchitis, blood cholesterol levels and blood clotting factors. Growth deficits in the first year of life also had a negative influence on these parameters later in life (BARKER *et al.* 1989, 1990; BARKER & OSMOND 1986; HALES *et al.* 1991; OSMOND & BARKER 1993). A number of studies in developing countries among populations in transition, seem to support these findings (COHEN *et al.* 1988, KNOWLE *et al.* 1978, McKEIGUE *et al.* 1991, ZIMMET *et al.* 1984). Overall these findings indicate that "critical periods" exist in life during which sub-optimal growth can have profound and lasting effects. Intra-uterine growth and growth during the first year of life seem crucial.

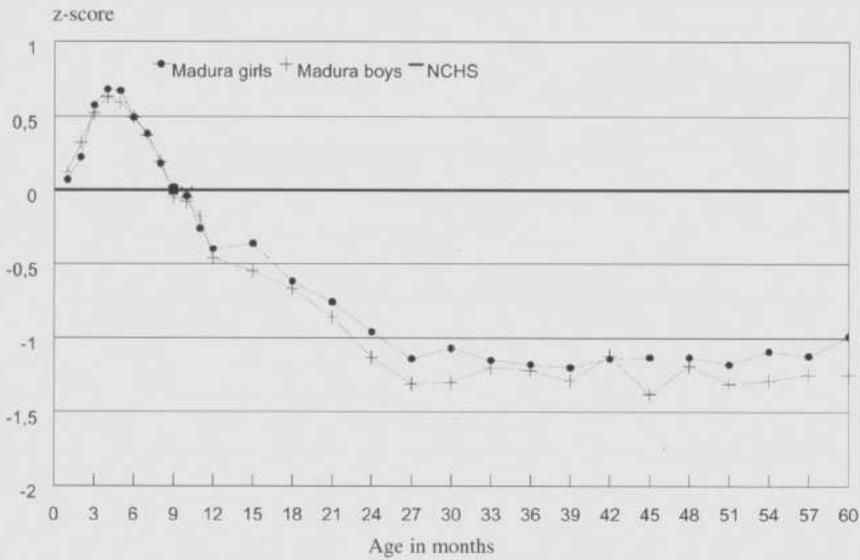
3.2. VULNERABLE PERIODS

Next to critical periods we also see vulnerable periods. Growth deficits in developing countries are more pronounced in the first year of life. We observe that stunting starts very early and sometimes immediately after birth (WATERLOW 1988, 1994). In Indonesia, we noted that stunting started immediately after birth (fig. 2) and at a time when weight increments were as expected (fig. 3) (KOLSTEREN *et al.* 1996). Weight loss started much later than stunting. Energy-intake studies in the same population showed that total energy intake was adequate up to 30 weeks. Gross energy intake could not explain the loss in length velocity. Velocity studies confirmed that linear growth was predominantly affected during the first six months of life (KOLSTEREN *et al.* 1997b). These observations would indicate that growth in weight and growth in length do not have the same set of determinants. In the same study population it was also observed that infants of mothers who received a food supplement during pregnancy were taller at the age of two (KUSIN *et al.* 1992). This could indicate that the foetal development period or the nutritional status of the mother determines linear growth in



Source : Kolsteren *et al.* 1996.

Fig. 2. — Attained Height of Madurese Children in Z-scores using NCHS Reference Values.



Source : KOLSTEREN *et al.* 1996.

Fig. 3. — Weight for Height of Madurese Children in Z-Scores using NCHS Reference Values.

the first months after birth. Since the concentration of micronutrients in breast-milk is predominantly influenced by the nutritional status of the mother, its role in linear growth retardation in the first half of life seems highly likely. As long as a child is breastfeeding, its growth is protected (WHO working group on infant nutrition 1994). Around six months and with the introduction of complementary food we may witness a period of low energy intake and the accumulation of specific micronutrient deficiencies due to the low quality of the food and complexing agents (TATALA *et al.* 1998, TOWO & TATALA 1998). Towards the end of the first year of life, infection pressure and in particular the capacity to recover a growth deficit will determine stature. It is during the second year that we see the largest number of children developing symptoms of malnutrition.

3.3. PERIODS OF ABSOLUTE RISK

Besides the critical periods and the vulnerable periods, we can also conceptually identify periods of absolute risk. These are periods during which the child is at risk of developing a disease or complications, or periods after which the correction of a deficit becomes more problematic. Congenital subluxation of the hip for instance is best identified at birth and corrected promptly. Not-descended testes are best corrected before the age of 18 months. The immunization schedule has well defined age periods and the best periods to supplement vitamin A or D are also well known. In certain countries there are definite ages when the risk of burns and accidents is much higher.

4. Towards a more Evidence-based Approach

Overall we can state that growth and development can be compromised when a specific incident occurs during a critical, vulnerable or absolute risk period. The aim of a programme is to have contact with the child and the mother in order to prevent or correct the incident. To identify these periods, we can start from the identification of incidents with known risks or from the identification of the critical, vulnerable, and absolute risk period and walk our way back to the causes. The problems can then be addressed by offering specific or targeted interventions. Two other requirements, better communication between health providers and parents and the need to examine the underlying causality when identifying malnourished children, need also to be taken into consideration. It seems that communication is an essential element in any promotional activity. It is the most important factor for creating a relationship of trust and understanding between the different actors. It can be seen more as a transfer of information since it involves understanding the expectations of all actors and the underlying explanatory frameworks. Single targeted interventions have yielded few results, and the complex causality underlines the need to address a child in a more holistic way, looking at all health aspects.

The activities to be implemented to improve child growth and development are essentially promotional and preventive and based on regular contacts.

- The existence of a critical period during foetal development underlines the importance of investing in the health of pregnant women. The nutritional status in all its aspects needs to be optimized. There is accumulating evidence that micronutrient deficiencies affect birth weight, gestational age and even growth in the early postpartum. Elements that are essential for foetal development include iron, zinc, vitamin A, folic acid, calcium, and iodine.
- If one looks at the prevalence of malnutrition and the accumulation of the deficit in linear growth, it is clear that the first 18 months of life are a very vulnerable period for changes in food habits. We know that breastfeeding protects children from diseases and provides them with the most suitable food intake. Another period of risk is the weaning period where less suitable food combinations are often given to the children, thus affecting their growth in a negative way. Contacts between health providers and mothers are necessary to promote breastfeeding and support mothers in their effort and to inform them on the kind of weaning foods and weaning practices that maximally protect their children.
- Congenital malformations can also negatively affect child growth and development. Some of them may warrant screening in order to take appropriate action in function of health services' capacity and the ease by which they can be corrected. Subluxation of the hip is best tested at birth or in the first weeks postpartum.
- Infectious diseases are known incidents. Some of them have important consequences and can be prevented by vaccination. The notion of absolute risk, and thus a period when a vaccination has to be carried out, absolutely determines the vaccination schedule.
- Other incidents are determined by the local context. Burns, road accidents, poisoning at a certain age might warrant a need for preventive measures. Specific deficiencies such as vitamin A and D fall in the same category.

On the basis of the concepts of incidents and periods, a schedule can be drawn up defining the moment a contact is needed between health services and the mother with her child. From existing programmes and literature, following contact periods with their activities have shown their effectiveness (Canadian Task Force on the Periodic Health Examination 1979, HALL 2000).

- *Birth* : general neonatal examination, specific examination for subluxation of the hip and club feet, testicular descent, vaccination, breastfeeding support, contraception promotion, formulation of answers to address expressed concern of parents, correction of vitamin A deficiency in mother, vitamin K injection.
- *6-8 weeks* : general examination, weight and height measurement ; specific examination for hip dislocation ; discuss concerns, discuss feeding plans, immunization, general accident prevention.

- *3 months* : immunization, weight and height measurements if it reassures ; discuss concerns, discuss feeding habits.
- *4 months* : same as at 3 months, with particular emphasis on weaning period.
- *6 months* : general examination ; discuss feeding, weight and height, provide general information on infections ; vitamin A supplement in particular contexts.
- *9 months* : immunization, general examination ; discuss concerns, provide general information on accidents ; weight and height measurements.

Since every situation is different, specific activities can be included according to the context such as prevention of burns, detection of iron deficiency, vitamin D supplements, accident prevention, etc.

These activities should be presented in a special format. The parents are offered a contract with the health services who commit themselves to follow the predetermined planning and if possible carry out a home visit. Weighing becomes an activity among others and no longer the prime objective. It underpins the general activities and should be introduced for all children visiting the health centre for curative services. More malnourished children will be detected and managed properly if there are clear instructions for nutritional rehabilitation.

5. Conclusion

We have proposed a framework for rationalizing preventive / promotional activities to safeguard the growth and development of children. The proposal is definitely a clear move away from what is happening now in terms of growth monitoring and specific targeted interventions. There is no evidence that regular weighing alone is useful, certainly not after the age of two. Also, the plethora of risk factors warrants a more global (holistic) approach with a broader objective than just mortality, and with the aim of safeguarding growth and development. Very little effort has been made to take child development perspectives into consideration. What needs to be done to improve child development and how much is, however, not clear.

The content of these prevention and promotion packages will also very much depend on the organization and the capacity of the health system. Screening for symptoms is only justified when appropriate action can be taken. For quite a few symptoms the usefulness of detection is not clear. In some countries milestones are checked, but what they exactly stand for and what specific tests need to be done when the timing of milestones is not correct, is still under debate. That is why they do not appear in the proposed calendar of activities.

The challenge will be to implement this revised strategy and evaluate its effect and effectiveness. Over the last twenty years international organizations have invested considerably in these more selective activities and it will, therefore, be

very difficult to change course. The World Bank is for instance investing billions of dollars in Bangladesh to improve the nutritional status of the population. The cornerstone of this intervention is growth monitoring. Unfortunately, already in the pilot phase it is clear that this activity is becoming a caricature and the main technique for receiving food supplements (DEBNATH 2000).

We hope, however, that this paper can serve as a starting point for a wider debate on how we can better safeguard, through the health services, the growth and development of children based on a better understanding of their needs.

NOTES

- [1] Wasting is defined as the number of children with a weight for height index below -2 standard deviations from the NCHS reference median.
- [2] Stunting is defined as the number of children with a height for age index below -2 standard deviations from the NCHS reference median.

REFERENCES

- ALAM, N., WOJTYNIAK, B. & RAHAMAN, M. M. 1989. Anthropometric indicators and risk of death. — *Am. J. Clin. Nutr.*, **49** : 884-888.
- ALLEN, L. H. 1994. Nutritional influences on linear growth : a review. — *Eur. J. Clin. Nutr.*, **48** (Suppl. 1) : S75-S89.
- ANTONOV, A. N. 1947. Children born during the siege of Leningrad in 1942. — *J. Pediatr.*, **30** : 250-259.
- BAIRAGI, R., KOENIG, M. A. & MAZUMDER, K. A. 1993. Mortality-discriminating power of some nutritional, sociodemographic, and diarrheal disease indices. — *Am. J. Epidemiol.*, **138** : 310-317.
- BARKER, D. J. P. 1994. Programming the baby. — *Br. Med. J.*, **303** : 14-36.
- BARKER, D. J. P., BULL, A. R., OSMOND, C. & SIMMONDS, S. J. 1990. Fetal and placental size and risk of hypertension in adult life. — *Br. Med. J.*, **301** : 259-262.
- BARKER, D. J. P. & OSMOND, C. 1986. Infant mortality, childhood nutrition, and ischaemic heart disease in England and Wales. — *Lancet*, **1** : 1077-1081.
- BARKER, D. J. P., WINTER, P. D., OSMOND, C., MARGETTS, P. D. & SIMMONDS, S. J. 1989. Weight in infancy and death from ischaemic heart disease. — *Lancet*, **2** : 577-580.
- BATES, C. J., EVANS, P. H., DARDENNE, M., PRENTICE, A. M., LUNN, P. G., NORTHROP-CLEWES, C. A., HOARE, S., COLE, T. J., HORAN, S. J., LONGMAN, S. C. *et al.* 1993. A trial of zinc supplementation in young rural Gambian children. — *Br. J. Nutr.*, **69** : 243-255.
- BEATON, G. H. & GHASSEMI, H. 1982. Supplementary feeding programs for young children in developing countries. — *Am. J. Clin. Nutr.*, **35** : 864-916.
- BLOEM, M. W. 1995. Interdependence of vitamin A and iron : an important association for programmes of anaemia control. — *Proc. Nutr. Soc.*, **54** : 501-508.
- BRIEND, A. & BARI, A. 1989. Critical assessment of the use of growth monitoring for identifying high risk children in primary health care programmes. — *Br. Med. J.*, **298** : 1607-1611.

- Canadian Task Force on the Periodic Health Examination 1979. Task force report: the periodic health examination. — *CMA Journal*, **121**: 1193-1254.
- CHANDRA, R. K. 1975. Antibody formation in first and second generation offspring of nutritionally deprived rats. — *Science*, **190**: 289-290.
- CHEN, L. C., CHOWDHURY, A. & HUFFMAN, S. L. 1980. Anthropometric assessment of energy-protein malnutrition and subsequent risk of mortality among preschool age children. — *Am. J. Clin. Nutr.*, **33**: 1836-1845.
- CHWANG, L., SOEMANTRI, A. G. & POLLIT, E. 1988. Iron supplementation and physical growth of rural Indonesian children. — *Am. J. Clin. Nutr.*, **47**: 496-501.
- COHEN, M. P., STERN, E. *et al.* 1988. High prevalence of diabetes in young adult Ethiopian immigrants to Israel. — *Diabetes*, **37**: 824-828.
- DEBNATH, D. C. 2000. Addressing the problem of malnutrition in urban Bangladesh: what is the way forward for the Ministry of Health and Family Welfare. — Thesis, Institute of Tropical Medicine, Antwerp.
- FRANKENBURG, W. K. & DODDS, J. B. 1967. The Denver developmental screening test. — *J. Pediatr.*, **71**: 181-191.
- GEREIN, N. & ROSS, D. A. 1991. Is growth monitoring worthwhile? An evaluation of its use in three child health programmes in Zaire. — *Soc. Sci. Med.*, **32**: 667-675.
- GIBSON, R. S., VANDERKOOY, P. D. S., MACDONALD, A. C., GOLDMAN, A., RYAN, B. A. & BERRY, M. 1989. A growth-limiting, mild zinc-deficiency syndrome in some Southern Ontario boys with low height percentiles. — *Am. J. Clin. Nutr.*, **49**: 1266-1273.
- GRANTHAM MCGREGOR, S. M. 1988. Studies in behaviour and malnutrition in Jamaica. — *Trans. R. Soc. Trop. Med.*, **82**: 7-9.
- GRANTHAM MCGREGOR, S. M., POWELL, G. & FLETCHER, P. 1989. Stunting, severe malnutrition and mental development in young children. — *Eur. J. Clin. Nutr.*, **43**: 403-409.
- GRANTHAM MCGREGOR, S. M., POWELL, C. A. *et al.* 1991. Nutritional supplementation, psychosocial stimulation, and mental development of stunted children: the Jamaican Study. — *Lancet*, **338**: 1-5.
- HALES, C. N., BARKER, D. J. P., CLARK, P. M. S., COX, L. J., FALL, C. & WINTER, P. D. 1991. Fetal and infant growth and impaired glucose tolerance at age 64. — *Br. Med. J.*, **303**: 1019-1022.
- HALL, D. M. B. 2000. Health for all children. — Oxford University Press.
- HALSTED, J. A., RONAGHY, H. A., ABADI, P., HAGSHENASS, M., AMIRHAKENI, G. H., BARAKATI, R. M. & REINHOLD, J. G. 1972. Zinc deficiency in man. The Shiraz experiment. — *Am. J. Med.*, **53**: 277-284.
- HAMBIDGE, K. M., WALRAVENS, P. A., BROWN, R. M., WEBSTER, J., WHITE, S., ANTHONY, M. & ROTH, M. L. 1976. Zinc nutrition of preschool children in the Denver Head Start program. — *Am. J. Clin. Nutr.*, **29**: 734-738.
- HEYWOOD, P. 1982. The functional significance of malnutrition-growth and prospective risk of death in the highlands of Papua New Guinea. — *J. Food Nutr.*, **39**: 13-19.
- Kasongo Project Team 1986. Growth decelerations among under-5-year-old children in Kasongo (Zaire). II. Relationship with subsequent risk of dying, and operational consequences. — *Bull. World Health Organ*, **64**: 703-709.
- KATZ, J., WEST, K. P. Jr., TARWOTJO, I. & SOMMER, A. 1989. The importance of age in evaluating anthropometric indices for predicting mortality. — *Am. J. Epidemiol.*, **130**: 1219-1226.

- KIELMANN, A. A. & MCCORD, C. 1978. Weight-for-age as an index of risk of death in children. — *Lancet*, **1** : 1247-1250.
- KNOWLE, W. C., BENNETT, P. H. *et al.* 1978. Diabetes incidence in the Pima Indians : a 19-fold greater incidence than in Rochester, Minnesota. — *Am. J. Epidemiol.*, **108** : 497-504.
- KOLSTEREN, P. W., KUSIN, J. A. & SRI KARDJATI 1996. Growth faltering in Madura, Indonesia. A comparison with the NCHS reference and data from Kasongo, Zaire. — *Ann. Trop. Paediatr.*, **16** : 233-242.
- KOLSTEREN, P. W., LEFEVRE, P. & LERUDE, M.-P. 1997a. Nutrition rehabilitation and the importance of the perception of malnutrition in the follow-up of rehabilitated children. — *Asia Pacific J. Clin. Nutr.*, **6** : 106-110.
- KOLSTEREN, P. W., KUSIN, J. A. & SRI KARDJATI 1997b. Pattern of linear growth velocities of infants from birth to 12 months in Madura, Indonesia. — *Trop. Med. Int. Health*, **2** : 291-301.
- KOLSTEREN, P. W., RAHMAN, S. R., HILDERBRAND, K. & DINIZ, A. S. 1999. Treatment for iron deficiency anaemia with a combined supplementation of iron, vitamin A and zinc in women of Dinajpur, Bangladesh. — *Eur. J. Clin. Nutr.*, **53** : 102-106.
- KRAMER, M. S., MCLEAN, F. H., OLIVIER, M., WILLIS, D. M. & USHER, R. H. 1989. Body proportionality and head and length 'sparing' in growth retarded neonates : a critical reappraisal. — *Pediatr.*, **84** : 717-723.
- KRAMER, M. S., OLIVIER, M., MCLEAN, F. H., DOUGHERTY, G. E., WILLIS, D. M. & USHER, R. H. 1990. Determinants of fetal growth and body proportionality. — *Pediatr.*, **86** : 18-26.
- KUSIN, J. A., SRI KARDJATI, HOUTKOOPER, J. M. & RENQVIST, U. H. 1992. Energy supplementation during pregnancy and postnatal growth. — *Lancet*, **340** : 623-626.
- LAFEBER, H. N. 1981. Experimental intra-uterine growth retardation in the guinea pig. — Thesis, Erasmus University Rotterdam.
- LUMEY, L. H. 1992. Decreased birthweights in infants after maternal *in utero* exposure to the Dutch famine of 1944-1945. — *Paediatr. Perinat. Epidemiol.*, **6** : 240-253.
- MARTORELL, R. & KLEIN, R. E. 1980. Food supplementation and growth rates in preschool children. — *Nutr. Res. Int.*, **21** : 447-454.
- MCKEIGUE, P. M., SHAW, B. & MARMOT, M. G. 1991. Relation of central obesity and insulin resistance with high diabetes prevalence and cardiovascular risk in South Asians. — *Lancet*, **337** : 382-386.
- MORSE, K. & VOHRA, P. 1971. The effect of early growth retardation of Coturaix (Japanese Quail) on their sexual maturity. — *Poultry Sci.*, **50** : 283-284.
- MOSER-VEILLON, P. B. & REYNOLDS, R. D. 1990. A longitudinal study of pyridoxine and zinc supplementation of lactating women. — *Am. J. Clin. Nutr.*, **52** : 135-141.
- MUHILAL, H., MURDIANA, A., AZIS, I., SAIDIN, S., BASUNI JAHARI, A. & KARYADI, D. 1988a. Vitamin A-fortified monosodium glutamate and vitamin A status : a controlled field trial. — *Am. J. Clin. Nutr.*, **48** : 1265-1270.
- MUHILAL, H., PERMEISIH, D., IDRADINATA, Y. R., MUHERDIYANTININGSIH & KARYADI, D. 1988b. Vitamin A-fortified monosodium glutamate and health, growth, and survival of children : a controlled field trial. — *Am. J. Clin. Nutr.*, **48** : 1271-1276.
- NDAO, I. 1992. Evaluation du fonctionnement du suivi de la croissance dans les centres SMI du Congo. — Université Senghor, Egypte.

- OSMOND, C. & BARKER, D. J. P. 1993. Early growth and death from cardiovascular disease in women. — *Br. Med. J.*, **307** : 1519-1524.
- PELLETIER, D. L. 1994. The relationship between child anthropometry and mortality in developing countries : implications for policy, programs and future research. — *J. Nutr.*, **124** : 2047S-2081S.
- RAVELLE, A. C. J. 1999. Prenatal exposure to the Dutch famine and glucose tolerance and obesity at age 50. — Thesis, University of Amsterdam.
- RONAGHY, H. A., SPIVEX FOX, M. R., GARN, S. M., ISRAEL, H., HARP, A., MOE, P. G. & HALSTED, J. A. 1969. Controlled zinc supplementation for malnourished school boys : a pilot experiment. — *Am. J. Clin. Nutr.*, **22** : 1279-1289.
- SCHROEDER, D. G. & BROWN, K. H. 1994. Nutritional status as a predictor of child survival : summarizing the association and quantifying its global impact. — *Bull. World Health Organ.*, **72** : 569-579.
- SEVILLA, R., SEJAS, E., ZALLES, L., BELMONTE, G., CHEVALIER, P., PARENT, G., HILDERBRAND, K. & KOLSTEREN, P. W. 2000. Le "CLAPSEN", une démarche globale pour la réhabilitation nutritionnelle de l'enfant gravement mal nourri en Bolivie. — *Cahiers Santé*, **10** : 97-102.
- SILVA-SANTANA, S., DINIZ, A. S., LOLA, M. M. F., OLIVEIRA, R. S., MIRANDA-SILVA, S. M., OLIVEIRA, S. F., HILDERBRAND, K., SOUZA, S. & KOLSTEREN, P. W. 2000. Zinc status in pre-school children of urban, Northeast Brazil. Zinc in human nutrition. — Stockholm.
- SIMMER, K., LORT-PHILLIPS, L., JAMES, C. & THOMPSON, R. P. 1991. A double-blind trial of zinc supplementation in pregnancy. — *Eur. J. Clin. Nutr.*, **45** : 139-144.
- SIMONDON, K. B., GARTNER, A., BERGER, J., CORNU, A., MASSAMBA, J. P., SAN MIGUEL, J. L., LY, C., MISSOTTE, I., SIMONDON, F., TRAISSAC, P., DELPEUCH, F. & MAIRE, B. 1996. Effect of early, short-term supplementation on weight and linear growth of 4-7-month infants in developing countries : a four-country randomized trial. — *Am. J. Clin. Nutr.*, **64** : 537-545.
- SMEDMAN, L., STERKY, G., MELLANDER, L. & WALL, S. 1987. Anthropometry and subsequent mortality in groups of children aged 6-59 months in Guinea-Bissau. — *Am. J. Clin. Nutr.*, **46** : 369-373.
- SMITH, C. A. 1947. The effect of wartime starvation in Holland upon pregnancy and its product. — *Am. J. Obstet. Gynecol.*, **53** : 599-608.
- STEIN, Z., SUSSER, M. *et al.* 1975. Famine and human development. The Dutch hunger winter of 1944-1945. — Oxford University Press, New York.
- SUSSER, M. & STEIN, Z. 1994. Timing in prenatal nutrition : a reprise of the Dutch famine study. — *Nutr. Rev.*, **52** : 84-94.
- TATALA, S., SVANBERG, U. & MDUMA, B. 1998. Low dietary iron availability is a major cause of anemia : a nutrition survey in Lindi District of Tanzania. — *Am. J. Clin. Nutr.*, **68** : 171-173.
- TOWO, E. & TATALA, S. 1998. Iron availability in weaning foods as affected by nutrient inhibitors. — *Food and Nutritional Journal of Tanzania*, **9** : 8-12.
- UNICEF 1999. The state of the world's children. — United Nations Children's Fund, New York
- VAN DEN BROECK, J., EECKELS, R. & VUYLSTEKE, J. 1993. Influence of nutritional status on child mortality in rural Zaire. — *Lancet*, **341** : 1491-1495.

- VAN LERBERGHE, W. 1990. The relevance of research projects. — *Ann. Soc. Belg. Méd. Trop.*, **70** : 47-53.
- WALRAVENS, P. A., CHAKAR, A., MOKNI, R., DENISE, J. & LEMONNIER, D. 1992. Zinc supplements in breastfed infants. — *Lancet*, **340** : 683-685.
- WALRAVENS, P. A. & HAMBIDGE, K. M. 1976. Growth of infants fed a zinc supplemented formula. — *Am. J. Clin. Nutr.*, **29** : 1114-1121.
- WALRAVENS, P. A., HAMBIDGE, K. M. & KOEPFER, D. M. 1989. Zinc supplementation in infants with a nutritional pattern of failure to thrive : a double blind, controlled study. — *Pediatr.*, **83** : 532-538.
- WALRAVENS, P. A., KREBS, N. F. & HAMBIDGE, K. M. 1983. Linear growth of low income preschool children receiving a zinc supplement. — *Am. J. Clin. Nutr.*, **38** : 195-201.
- WATERLOW, J. C. 1988. Observations on the natural history of stunting. Linear growth retardation in less developed countries. — *In* : WATERLOW, J. C. (ed.), Raven press, New York, pp. 1-16.
- WATERLOW, J. C. 1994. Causes and mechanisms of linear growth retardation (stunting). — *Eur. J. Clin. Nutr.*, **48** : S1-S4.
- WEST, K. P. J., DJUNAEDI, E., PANDJI, A., KUSDIONO, TARWOTJO, I., SOMMER, A. & The Aceh Study Group 1988. Vitamin A supplementation and growth : a randomized community trial. — *Am. J. Clin. Nutr.*, **48** : 1257-1263.
- WHO 1999a. A critical link. Interventions for physical growth and psychological development. A review. — Geneva, WHO.
- WHO 1999b. Management of severe malnutrition : a manual for physicians and other senior health workers. — Geneva, WHO.
- WHO working group on infant nutrition 1994. An evaluation of infant growth. — Geneva, WHO.
- WIDDOWSON, E. M. & McCANCE, R. A. 1963. The effect of finite periods of undernutrition at different ages on the composition and subsequent development of the rat. — *Proc. R. Soc. London.*, **B158** : 329-342.
- WINICK, M., BRASEL, J. A. & ROSSO, P. 1972. Nutrition and cell growth. — *In* : WINICK, M. (ed.), Nutrition and Development, J. Wiley, New York, pp. 49-99.
- YILA-BOUMPOTO, M. 1999. Rapport sur l'étude des relations à l'intérieur des CSI de Bissita et Nganga-Lingolo. — Brazzaville.
- YOON, P. W., BLACK, R. E., MOULTON, L. H. & BECKER, S. 1997. The effect of malnutrition on the risk of diarrheal and respiratory mortality in children < 2 years of age in Cebu, Philippines. — *Am. J. Clin. Nutr.*, **65** : 1070-1077.
- ZIMMET, P. Z., KING, H. *et al.* 1984. The high prevalence of diabetes mellitus, impaired glucose tolerance and diabetic retinopathy in Nauru : the 1982 survey. — *Diabetes Res.*, **1** : 13-18.

Le district sanitaire urbain en Afrique subsaharienne* [1]**

par

Daniel GRODOS***

MOTS-CLES. — District sanitaire ; Pays en développement ; Politique de santé ; Recherche ; Santé urbaine ; Systèmes de santé urbains.

RESUME. — L'organisation des systèmes de santé des villes des pays d'Afrique noire gagnerait à se structurer selon une politique de districts de santé. Le district sanitaire, qu'on identifie spontanément à la mise en œuvre des soins de santé primaires dans les régions rurales, peut conserver sa pertinence en ville, moyennant l'adaptation à ce nouveau contexte de ses trois dimensions fonctionnelles : dimension spatiale et démographique, dimension managériale et dimension technique. Ainsi conçu comme modèle d'organisation des systèmes de santé, le district sanitaire permettrait de répondre au principal défi lancé aux autorités sanitaires des villes des pays en développement, à savoir la maîtrise d'un espace sanitaire urbain cohérent et performant. Cependant, le contexte urbain soumet le modèle de district à trois types d'épreuve : une accumulation de difficultés pratiques inexistantes en zones rurales ; une remise en cause des diverses dimensions du modèle de district, qui l'oblige à s'adapter sans changer de nature ni perdre sa finalité ; et enfin des menaces susceptibles d'invalider le modèle dans l'environnement urbain. Ces menaces sont, principalement, la privatisation non contrôlée du secteur de la santé et l'autonomie des grands établissements hospitaliers. La faiblesse de l'instance de concertation et de décision capable de coordonner la réponse aux défis de la santé urbaine au niveau de la ville entière est aussi un handicap à surmonter. Etant donné les intérêts en jeu derrière ces remises en cause, et spécialement les trois dernières, le maintien de l'intérêt du modèle du district sanitaire en ville dépend avant tout de décisions politiques et n'appelle qu'accessoirement des solutions techniques. Le rôle de l'Etat conserve dans cette perspective toute son importance.

TREFWOORDEN. — Gezondheidsdistrict ; Ontwikkelingslanden ; Gezondheidspolitiek ; Gezondheidssystemenonderzoek ; Stedelijke gezondheid ; Stedelijke gezondheids-systemen.

SAMENVATTING. — *Het stedelijke gezondheidsdistrict in Subsaharisch Afrika.* — De organisatie van gezondheidsvoorzieningen in de steden van zwart Afrika zou er baat bij vinden indien zij gestructureerd zou zijn volgens het beleid van het „gezondheidsdistrict”.

* Communication présentée à la séance de la Classe des Sciences naturelles et médicales tenue le 27 février 2001. Texte définitif reçu le 26 août 2001.

** Le chiffre entre crochets [] renvoie à la note p. 534.

*** Maître de conférences invité de l'École de Santé Publique de l'Université Catholique de Louvain, Clos Chapelle-aux-Champs 30.34, B-1200 Bruxelles (Belgique).

Het concept „gezondheidsdistrict”, dat spontaan doet denken aan de organisatie van basisgezondheidsvoorzieningen in landelijke gebieden, kan ook van toepassing zijn in steden op voorwaarde dat drie van haar functionele dimensies aangepast worden aan de nieuwe omgeving, namelijk : de ruimtelijke en demografische dimensie, de management-dimensie en de technische dimensie. Indien op deze wijze uitgewerkt als model voor de organisatie van gezondheidsvoorzieningen, kan het gezondheidsdistrict inderdaad beantwoorden aan de voornaamste uitdaging waar de stedelijke gezondheidszorgverantwoordelijken in ontwikkelingslanden voor staan, met name het organiseren van stedelijke gezondheidsvoorzieningen op een coherente en doeltreffende wijze. Niettemin zal de stedelijke context het „district” concept op drie verschillende wijzen uitdagen : er is een opeenstapeling van praktische problemen die niet voorkomen in de landelijke gebieden ; verschillende dimensies van het districtsmodel worden zodanig in vraag gesteld dat het model zich zal moeten aanpassen, zonder dat het wezenlijk verandert noch aan zijn uiteindelijke doel voorbijschiet ; ten slotte zijn er ook vanuit de stedelijke omgeving bedreigingen die ervoor kunnen zorgen dat het model geïnvaleideerd wordt. Deze bedreigingen zijn voornamelijk : de niet-gecontroleerde privatisering van de gezondheidssector en de onafhankelijkheid van de grote hospitaalvoorzieningen. Het feit dat de instelling die instaat voor het overleg en voor de beslissingen die nodig zijn om de oplossingen te coördineren om de uitdaging van de organisatie van de stedelijke gezondheidsvoorzieningen te organiseren voor een hele stad, zwak is, is een bijkomende handicap die moet aangepakt worden. Aangezien lokale belangen spelen bij de bevraging van het concept, en vooral de belangen van de laatste drie genoemde, hangt de stedelijke interesse in het districtsmodel vooral af van politieke beslissingen en is het niet zozeer functie van technische oplossingen. In deze context blijft de Staat een belangrijke rol spelen.

KEYWORDS. — Health District ; Developing Countries ; Health Policy ; Health Systems Research ; Urban Health ; Urban Health Systems.

SUMMARY. — *The Urban Health District in sub-Saharan Africa.* — Greater achievements could be reached by urban health systems in sub-Saharan Africa if they were organized and structured according to a health district policy. The health district is commonly identified with the implementation of primary health care in rural areas, but it could likewise be appropriate for cities, if its three functional dimensions are adapted to this new context : the spatial and demographic dimension, the managerial dimension and the technical dimension. As an organizational model for health systems, the health district would allow the urban health authorities in developing countries to face their main challenge, namely the coherent and successful organization of an urban health area. However, the urban context subjects the health district model to three types of tests : an accumulation of practical difficulties which do not exist in rural areas ; a questioning of several dimensions of the health district, which obliges the model to adapt itself and accept some important adjustments, without changing its nature nor losing its final objective ; and finally some threats risk invalidating the model in the urban environment. These threats are mainly the uncontrolled privatization of the health sector and the autonomy of the large hospitals. The weakness of the urban health authority, which should coordinate and come to concerted answers to urban health challenges, is a further handicap that should be dealt with. Given the local interests, and especially in the last three ones, that exist behind this questioning of the model, the relevance and interest of the health district in an urban

context appears to depend mainly on political decisions and to call only incidentally for technical adjustments. The role of the State remains crucial in this perspective.

*
* *

Malgré le succès du concept de «santé urbaine» (*urban health*), l'organisation des «systèmes de santé» dans les villes des pays en développement reste l'objet de peu d'attention (ATKINSON *et al.* 1999). Pourtant, une réflexion sur le principal défi que doivent relever les autorités sanitaires urbaines dans ces pays devrait conduire à privilégier une approche systémique et le modèle du district sanitaire devrait être réexaminé dans cette perspective.

On peut facilement s'accorder sur la nature du défi à relever. Il s'agit de la maîtrise d'un espace sanitaire urbain cohérent et performant au sein du système de santé général, ce dernier désignant l'ensemble des services (publics et privés), des acteurs (formels et informels), des politiques, des attitudes et des pratiques (explicites ou implicites), ainsi que des éléments du contexte environnemental, socio-économique ou politique (identifiés ou non) qui, en interrelation plus ou moins visible, influent sur la santé des habitants de la ville.

L'espace sanitaire urbain est ainsi la part du système de santé général qu'il est raisonnable d'envisager de mieux maîtriser par une amélioration des politiques, des stratégies, des moyens et de leur gestion. Dans les cas où la marge de manœuvre est la plus limitée, il s'agira des seuls services de santé, voire du seul service public de santé. Dans les situations plus favorables, l'espace sanitaire urbain englobera les acteurs privés et s'élargira à l'éducation pour la santé, à l'école, à l'entreprise, ... La collaboration avec les associations de quartier ou les diverses expressions collectives de la société civile permettra de traiter, en commun avec les autorités locales, les questions d'assainissement, d'adduction d'eau, de sécurité, ou de marginalisation sociale. Au mieux, les ambitions d'*empowerment* des communautés et de *community building* seront également prises en compte. L'espace sanitaire urbain peut donc se moduler selon les possibilités locales, sans crainte de s'appuyer, au moins partiellement, au moins au départ, au moins par défaut, sur les services de santé.

La maîtrise de l'espace sanitaire urbain

Les constats de carence actuels permettent de préciser ce que peut signifier une plus grande maîtrise de l'espace sanitaire urbain. Sans être exhaustif, on peut citer, du côté des services (c'est-à-dire de l'offre), l'expansion incontrôlée et non encadrée du secteur privé, et les faibles performances du secteur public ; du côté de la population (c'est-à-dire de la demande des usagers et des besoins de la

population), on relève l'absence d'accès à des soins de qualité pour la majorité des citoyens, et leur faible pouvoir — pouvoir de négociation, de contrôle, d'orientation, de réforme, de proposition — face aux déterminants de leur propre santé comme face aux services et aux prestataires de soins.

On peut dépasser cette approche basée sur les carences évidentes du système de santé et préciser les fonctions à remplir vis-à-vis de différents acteurs ou de différentes instances du milieu urbain.

Ainsi, vis-à-vis de la population, un effort conscient et soutenu d'organisation des services curatifs reste plus que jamais nécessaire. Il concerne la connaissance de la situation réelle, spécialement pour les groupes sociaux défavorisés ; le choix des priorités d'action ; la répartition géographique des services, leur coût, leur efficacité et leur qualité ; la motivation du personnel, ... Dans la prestation des soins préventifs, une meilleure maîtrise de la situation passe, notamment, par une définition précise des populations-cibles et une attitude proactive pour étendre la couverture et réduire l'inefficience de l'action. Enfin doivent être envisagées toutes les activités relevant de l'éducation pour la santé et de la promotion de la santé. Au niveau individuel, ces activités sont souvent liées aux contacts avec le système de santé qu'offrent les soins curatifs ou préventifs. Au niveau d'une collectivité, elles rendront nécessaires une collaboration intersectorielle accrue et une planification réfléchie. La maîtrise d'un espace sanitaire urbain cohérent et performant suppose de dépasser le cadre de la réponse passive à la demande exprimée et solvable, pour adopter une politique de prise en charge, qu'il s'agisse du management des cas individuels ou de la couverture effective d'une population donnée.

Vis-à-vis des pouvoirs publics, une plus grande maîtrise de l'espace sanitaire urbain signifie l'exercice de fonctions variées, qui se ramènent toutes à une forme ou une autre de décentralisation de la prise de décision. On peut citer l'utilisation de l'information à des fins de gestion et de planification ; la participation active au processus de planification ; la gestion du personnel de santé de l'Etat ; la coordination des activités avec le secteur privé ; ou la gestion des ressources, qu'il s'agisse ici aussi de la gestion directe des ressources des services publics ou des synergies à créer avec le secteur privé à but social ou à but lucratif.

Vis-à-vis de la société dans son ensemble, et dans la mesure où l'on veut se dégager du modèle biomédical de la santé, une plus grande maîtrise de l'espace sanitaire urbain suppose l'instauration d'une communication structurée avec la population ou ses représentants. On retrouve ici bien sûr le volet un peu classique de la « participation de la population » dans les soins de santé primaires, mais on retrouve aussi les exigences de l'*empowerment* mis en avant par le plus récent mouvement de promotion de la santé, avec ses aspirations à la multidisciplinarité, à la création d'alliances et de partenariats, ou à l'*advocacy* face aux autorités, notamment aux pouvoirs nouveaux qui se constituent dans les municipalités ou les départements urbains.

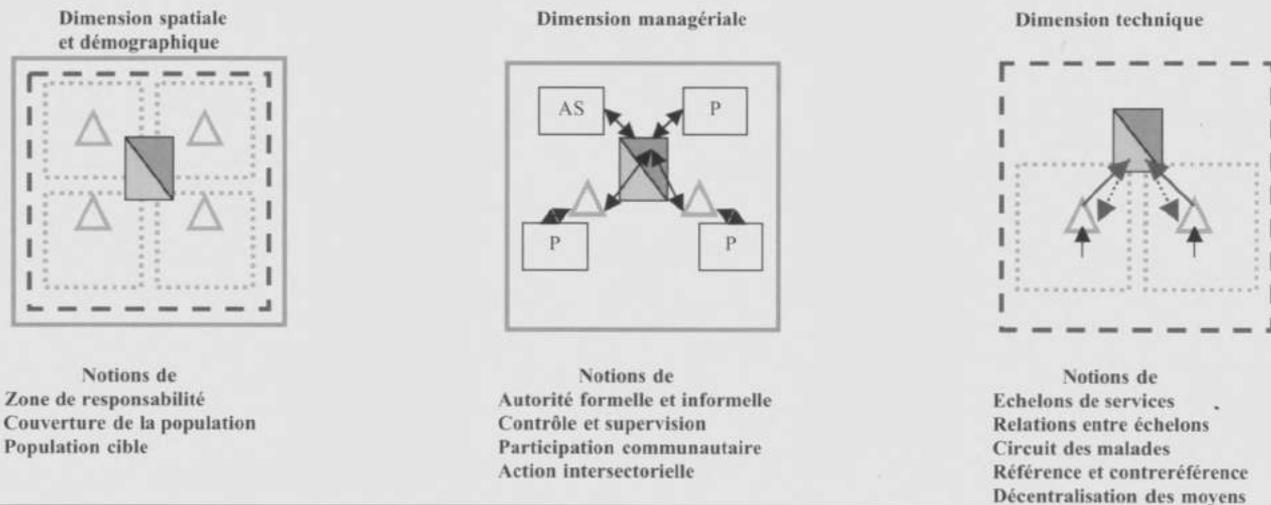
Il est difficile d'envisager de remplir ces différentes fonctions sans qu'on définisse des zones géographiques déterminées, qui seront les points d'ancrage locaux de l'exercice d'une plus grande maîtrise de l'espace de santé urbain. La détermination de zones géographiques précises dans l'espace sanitaire urbain n'a de sens, autrement dit, que parce que les fonctions énumérées ci-dessus imposent de raisonner en zones de responsabilité.

Maîtriser l'espace sanitaire urbain signifie le rendre plus cohérent et plus performant. La cohérence de l'espace sanitaire urbain concerne son aspect structuré, construit, réfléchi ; aussi bien que tout le processus menant à l'amélioration de son organisation, en fonction d'une finalité de santé publique clairement reconnue par tous comme la référence ultime au point de vue politique, éthique et managérial. Cette finalité ne peut être que la recherche d'une meilleure santé des habitants. Cette proposition est moins évidente qu'il n'y paraît. Elle se fait sous contrainte : contraintes budgétaires, mais aussi limites des ressources humaines et conflits d'intérêts. Au milieu de ces contraintes, le souci de cohérence impose de relativiser l'importance de la garantie du profit dans le secteur privé, de la sécurité d'emploi dans le secteur public, ou des désirs des bailleurs de fonds dans l'aide internationale. La cohérence de l'espace sanitaire urbain suppose que l'on évite le maximum de contradictions entre les enjeux, entre les objectifs et entre les acteurs ; et que l'on gère au mieux celles qui ne peuvent être évitées.

Enfin, la performance de l'espace sanitaire urbain se jugera aux effets obtenus sur l'état de santé de la population, classiquement évalués en termes d'efficacité, d'efficience et d'équité. Mais elle se jugera aussi à ses modalités de fonctionnement, c'est-à-dire aux processus de prise de décision, de règlement des conflits, de définition des objectifs, de contrôle de la gestion, etc. Cette performance est à apprécier davantage comme une dynamique de réforme et d'amélioration que comme l'obtention de résultats spectaculaires à court terme.

Le district sanitaire

Dans cette perspective, quelle est l'utilité du modèle du district sanitaire ? Historiquement, le recours au district sanitaire s'est imposé lorsqu'il s'est agi de concrétiser l'approche des soins de santé primaires, qui impliquait de rompre avec la centralisation des systèmes de santé existants et de déléguer une part de l'initiative et de l'action au niveau périphérique. Les zones rurales ayant particulièrement retenu l'attention des décideurs au cours des deux dernières décennies, le district sanitaire est souvent identifié à l'organisation du système de santé en dehors des villes. Sur base d'une enquête effectuée en 1988 auprès de 173 hôpitaux d'Afrique subsaharienne, VAN LERBERGHE, VAN BALEN & KEGELS (1992) ont proposé un modèle de district qui reste utile aujourd'hui. Basé sur deux échelons de services — un hôpital de référence et des formations sanitaires périphériques — ce modèle comporte trois dimensions essentielles (fig. 1).



Légende

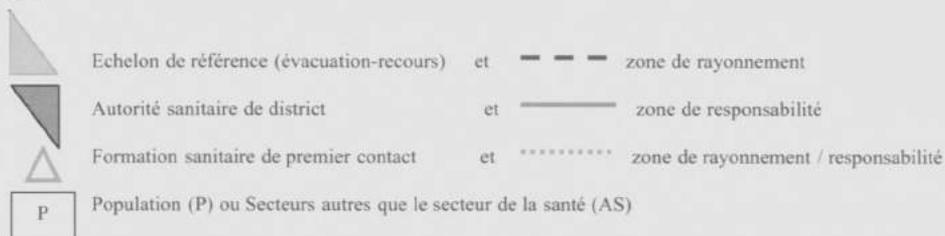


Fig. 1. — Modèle le plus simple d'un district sanitaire à deux échelons de services.
 (D'après VAN LERBERGHE, VAN BALEN & KEGELS 1992.)

La première dimension est spatiale et démographique. Il s'agit de la définition d'une population précise, habitant une zone géographique délimitée, correspondant ou non à une zone administrative, de laquelle l'autorité sanitaire de district est responsable. Cette dimension du modèle permet d'introduire les notions de carte sanitaire, de population cible, de zone de responsabilité, ou de couverture sanitaire de la population.

La deuxième dimension concerne les fonctions de gestion et d'autorité, exercées par l'autorité sanitaire de district, et s'étendant des activités de supervision et de support logistique à la gestion financière. Cette dimension managériale du modèle permet d'introduire les notions d'autorité formelle et fonctionnelle, de supervision et de contrôle, de participation communautaire, et de dynamisation de l'action intersectorielle.

La troisième dimension a trait aux fonctions d'organisation concernant les soins, les services et les activités. Cette dimension technique permet d'introduire les notions de circuit des usagers, d'échelons de services et des relations entre eux, de délégation des compétences, de décentralisation de la technologie, ou de système de référence et de contre-référence des malades. Fondamental ici est le cheminement des malades à travers les structures de soins, la situation la plus simple étant celle où ils s'adressent exclusivement aux centres de santé et ne recourent à l'hôpital que sur référence mise en route par les structures sanitaires périphériques.

On ne peut manquer d'être frappé par l'adéquation entre les diverses dimensions de ce modèle, tiré de l'étude de dizaines de districts sanitaires ruraux réels, et le «cahier des charges» qui vient d'être décrit pour atteindre une plus grande maîtrise d'un espace sanitaire urbain cohérent et performant. La dimension spatiale et démographique du modèle permet en effet de donner tout son sens à la notion de zone de responsabilité.

Et les dimensions managériale et technique, combinées, permettent de rencontrer les exigences de la décentralisation et de l'instauration d'une communication structurée avec la population.

Conçu de la sorte, le district sanitaire dépasse de loin la simple organisation des soins ou des services de santé, à laquelle on le réduit trop souvent, parfois de manière machinale et technocratique. Il devient l'entité pertinente où les divers acteurs concernés peuvent envisager de collaborer de manière efficace et d'agir à l'échelle adéquate pour rendre plus performant et plus cohérent le système de santé local.

Le district sanitaire et la ville

La question est de savoir dans quelle mesure ces potentialités, au premier abord séduisantes, d'un modèle construit à partir des expériences rurales des soins de santé primaires, pourront se développer dans un contexte urbain.

Il est utile de distinguer les composantes du milieu urbain qui compliquent la mise en œuvre du modèle de district sanitaire sans remettre en cause sa nature et sa finalité, et les composantes qui obligent à modifier le modèle s'il doit conserver quelque utilité en ville.

Il est clair en effet que diverses caractéristiques de la ville compliquent la mise en place de districts sanitaires : l'hétérogénéité et les insuffisances des infrastructures, les difficultés particulières de la gestion du personnel, les contraintes dues à la proximité de l'administration centrale, la multiplicité des interlocuteurs institutionnels, la nécessité d'une plus grande coordination entre les districts, le faible intérêt de l'autorité administrative urbaine pour la santé, les difficultés de l'action intersectorielle ou de la participation communautaire dans des milieux sociaux fragilisés et hétérogènes, n'en sont que quelques exemples. Leur accumulation peut certes paraître décourageante, mais ces difficultés ne remettent pas fondamentalement en cause le modèle du district sanitaire. Elles impliquent toutefois une beaucoup plus grande concertation entre les districts que dans les zones rurales. On constate trop souvent en ville que manquent à la fois le forum et le leadership adéquats pour coordonner l'action de tous les acteurs au niveau de l'entité urbaine prise dans son ensemble, et pour donner aux décisions prises la crédibilité et le poids politiques sans lesquels les meilleures intentions restent lettre morte. Les autorités sanitaires urbaines sont fréquemment des instances trop faibles en moyens matériels et humains pour jouer ce rôle dans les circonstances actuelles. Il convient certainement de les renforcer ou de les insérer dans une plate-forme de concertation plus large et plus qualifiée pour relever le défi dont nous parlons.

D'autres caractéristiques de la ville remettent toutefois plus radicalement en question les trois dimensions du modèle de district et conduisent à le modifier.

La dimension spatiale et démographique est remise en cause par la mobilité des habitants et la relative proximité d'une offre de soins multiforme, rendant beaucoup plus complexe en ville le raisonnement en termes de zones de responsabilité. Si on se contente d'un simple quadrillage administratif de l'espace urbain, SALEM (1998) a fait remarquer, dans l'étude de Pikine (Dakar), que son effet pervers principal était une sous-utilisation de beaucoup de centres de santé, au bénéfice de formations : i) dont l'offre de soins était plus diversifiée ; ii) où les soins étaient de qualité ; iii) qui présentaient une meilleure accessibilité sociale et culturelle (un centre de santé sera plus fréquenté, par exemple, s'il se trouve sur le trajet habituel des usagers ou à proximité de lieux de socialisation, comme les marchés). Or, ces trois conditions de succès peuvent très bien être garanties par les autorités sanitaires de la ville. Le modèle de district n'est remis en cause que de manière assez marginale par ces nouveaux critères de conception de la carte sanitaire urbaine. Des mesures connexes, comme la gestion généralisée du dossier médical individuel ou une discrimination financière positive en faveur des habitants du district, peuvent compléter le dispositif.

La dimension managériale est remise en cause par l'autonomie des grands établissements de soins et la privatisation galopante du secteur de la santé. Généralement, les autorités sanitaires urbaines n'ont aucun droit de regard sur le troisième ni le quatrième échelon de soins. Le problème vient de ce que les hôpitaux généraux ou les centres hospitaliers universitaires fonctionnent largement comme des établissements de premier ou de second échelon de soins, concurrençant donc directement, hors de tout contrôle et de toute concertation, les formations sanitaires des districts urbains. Il vient aussi de ce que ces établissements concentrent les médecins spécialistes et les professeurs de médecine, avec leur poids social et politique, et l'influence capitale que leur prestige ou leur rôle clé dans certains domaines techniques confèrent à leurs opinions, leurs pratiques, leurs prises de position ou leur immobilisme.

Les solutions ne sont ni nombreuses ni simples. On pourrait : i) augmenter les performances des districts existants, afin d'accroître leur crédibilité auprès des usagers et donc leur importance politique ; ii) favoriser progressivement un climat de compréhension mutuelle en s'attelant à régler, au cas par cas, des problèmes ponctuels de nature technique avec les grands établissements de soins ; iii) impliquer ces établissements dans des activités de promotion de la santé urbaine sous l'égide des autorités politiques de la ville, de manière à créer un terrain de rencontre et de dialogue neuf ; iv) insérer l'un ou l'autre des grands établissements dans une politique de district, en lui faisant jouer un rôle d'hôpital de quartier, par exemple pour le centre ville, à côté de ses fonctions de référence supérieures. Cette ultime option conduit à redéfinir une partie des fonctions hospitalières actuelles, tant externes (rôles vis-à-vis des formations périphériques) qu'internes (tarifs des soins, circuit des patients, disposition spatiale des services, etc.).

Autrement déstabilisante pour la maîtrise d'un espace sanitaire urbain cohérent et performant apparaît l'explosion de la médecine privée dans les villes des pays en développement. Elle n'est pas sans conséquences pour la maîtrise de l'espace sanitaire urbain. Au lieu d'encourager l'Etat à améliorer sa propre prestation, dans des services où la qualité de l'*output* et le *management* du processus étaient sous son emprise, les politiques de privatisation l'en dépouillent, en lui enjoignant de jouer plutôt un rôle régulateur de la qualité et de l'équité dans le secteur privé, c'est-à-dire dans un secteur à demi clandestin, réfractaire aux contrôles, dépourvu d'autodiscipline, et ce, sans disposer ni des moyens humains ni de la volonté politique pour imposer son arbitrage. L'orientation sociale ou humanitaire du secteur privé à but non lucratif, farouchement attaché à son indépendance de gestion, rend néanmoins ses acteurs ouverts au dialogue sur des enjeux de santé publique. Il n'en va pas de même du secteur privé à but lucratif, qui continue à fonctionner selon les seuls critères de rentabilité financière et de satisfaction individuelle. Le simple maintien de services publics curatifs de santé, et a fortiori l'amélioration de leurs performances, peuvent représenter les seuls moyens de pression des pouvoirs publics face au mode de fonctionnement mercantile du secteur privé.

Si on veut maintenir l'ambition d'une maîtrise de l'espace sanitaire urbain et qu'on continue à penser qu'à cette fin le modèle du district sanitaire reste utile, il est grand temps de chercher à remplacer des services publics qui s'amenuisent face aux impératifs de la libéralisation, et des services privés qui se dérobent dès que leur profit n'est plus assuré. Une voie possible, mais qui reste largement à explorer, est la contractualisation d'agents de santé, soit par l'Etat, soit par les municipalités naissantes, soit par des organisations religieuses ou des ONG, soit par des coopératives ou des mutuelles (CARRIN, JANCLOES & PERROT 1998).

Il n'y a donc pas d'antagonisme de fond entre privatisation et politique de districts sanitaires. Mais la voie est étroite, et le temps presse. Car la désorganisation complète du premier échelon de services entraîne la disparition d'un élément clé des soins de santé primaires : une interface organisée entre la population et les acteurs de base. Cette déstabilisation met en péril l'ambition du contrôle de l'espace sanitaire urbain.

La dimension technique du district est remise en cause par la diversification de l'offre de soins, l'individualisation des choix des usagers, et la difficulté de rendre fonctionnels les hôpitaux de district urbains. La ville, en effet, offre à ses habitants une gamme étendue de techniques et de spécialistes. La confrontation à des modèles culturels et des modèles de consommation multiples et nouveaux, la dislocation des liens familiaux traditionnels et la diversification des niveaux d'éducation conduisent les usagers à individualiser leur demande et à augmenter leur niveau d'exigence (BRUNET-JAILLY 1997). Enfin, les agents de santé sont davantage à la recherche de perspectives professionnelles plus larges et d'un statut social et économique meilleur (ROENEN *et al.* 1997, FERRINHO *et al.* 1998). En pratique, trois caractéristiques des districts sanitaires urbains semblent contestées par les usagers, qui «votent avec leurs pieds» pour se faire comprendre : l'accès au médecin est difficile au premier échelon de soins, l'accès au spécialiste ne peut se réaliser que dans les grands centres hospitaliers ou dans les cabinets privés, et les services de santé fonctionnent la plupart du temps selon les horaires et les habitudes des services publics. Mais des solutions existent à cette remise en question des ressources humaines et du plateau technique du district. La place centrale de l'infirmier au premier échelon de soins dans les pays en développement n'est que le fruit de circonstances historiques où les ressources humaines manquaient et où, à défaut de docteur, on pouvait au moins affecter un infirmier dans les villages. En ville, l'affectation de médecins au premier échelon de soins, dans le secteur public et dans le secteur privé à but social, est un pari jouable. Il en va de même de l'affectation de médecins spécialistes au deuxième échelon, moyennant un contrat précis concernant leurs obligations vis-à-vis du district. Enfin, les centres de santé et les hôpitaux de district urbains ont tout à gagner à s'inspirer des attraits du secteur privé par un élargissement de leur plage horaire d'ouverture, l'établissement d'une garde infirmière et médicale, et la permanence d'un système d'évacuation des malades. Ces mesures, jointes à

une amélioration de la qualité de l'accueil des usagers et au souci de fournir un minimum de commodités aux malades, sont indispensables au maintien ou au rétablissement de la crédibilité des services de district face à la médecine privée.

La surcapacité hospitalière et la concentration des médecins habituellement constatées en ville pourraient remettre en cause la nécessité d'organiser dans les hôpitaux de district urbains un deuxième échelon de soins comprenant des possibilités d'hospitalisation complète en médecine interne et l'organisation de soins chirurgicaux courants, de jour comme de nuit. Malheureusement, les grands établissements de soins sont souvent d'une piètre qualité et deviennent de plus en plus financièrement inaccessibles pour la plupart des malades. On dit souvent ces grands hôpitaux débordés et cet engorgement est l'un des arguments avancés pour décentraliser l'hospitalisation et la chirurgie vers des hôpitaux de district urbains. Il n'est pas sûr, cependant, que cet engorgement soit réel, comme le montre le taux médiocre d'occupation des lits dans beaucoup de services. En fait, les problèmes des grands établissements de soins sont dus en bonne partie à leur mauvaise gestion, où médecins et gestionnaires ont leur part de responsabilité.

Il est donc concevable, dans ces circonstances, que les autorités sanitaires tentent d'organiser dans les districts urbains des services d'hospitalisation et de chirurgie courante qui soient plus faciles à gérer, plus efficaces et financièrement plus accessibles. Mais trois difficultés majeures persistent. Premièrement, il n'est pas sûr que le rapport coût-efficacité des hôpitaux de district urbains soit faible. Multiplier les équipes médicales et chirurgicales, en assurant les gardes nécessaires, a son prix. Cependant, le volume de travail n'est peut-être pas tel qu'il justifie qu'on organise le même plateau chirurgical dans tous les hôpitaux de district urbains ; une certaine spécialisation est concevable. Deuxièmement, certaines orientations de la formation reçue pendant les études bloquent parfois l'introduction de la chirurgie dans les districts urbains. Il est difficile de démêler, dans ces obstacles, ce qui est carence de la formation, préjugé professionnel ou prétexte à immobilisme. Enfin, les spécialistes des grands établissements de soins voient le plus souvent d'un mauvais œil l'introduction d'activités d'hospitalisation ou de chirurgie dans les districts urbains. Ils craignent pour leurs revenus et dissimulent cet argument derrière des inquiétudes quant à la qualité technique du travail.

Sans l'appui politique des responsables nationaux et des bailleurs de fonds, sans le soutien initial, le cas échéant, d'assistants techniques expatriés, et peut-être sans accords précis avec le secteur des ONG propriétaire d'hôpitaux, l'hospitalisation et la chirurgie dans les districts urbains ne pourront pas être assurées de manière optimale dans un avenir proche. Aussi longtemps qu'elles ne pourront l'être, le problème de la référence des malades continuera à représenter un casse-tête pour les responsables des districts urbains et une terreur pour les malades.

Le district sanitaire urbain et les débats actuels

Il reste à situer très brièvement notre point de vue face à des approches qui se présentent comme des alternatives au modèle du district sanitaire, ou qui l'ignorent. Nous en évoquerons quatre.

L'approche de la Banque mondiale, exposée le plus explicitement dans le Rapport sur le développement dans le monde de 1993 (Banque mondiale 1993, 1994, 1997), met en valeur le rôle des habitants en tant que consommateurs avertis et usagers éclairés des services. Elle insiste sur les mesures permettant aux ménages de disposer du pouvoir économique les habilitant à faire eux-mêmes les meilleurs choix concernant la santé de leurs membres. Elle favorise la privatisation des prestations qui peuvent donner lieu à des transactions prenant place dans un marché où joue la loi de l'offre et de la demande, comme principalement les soins curatifs. Elle couple cette option à l'extension de l'assurance et de la sécurité sociale. Et elle réduit le rôle de l'Etat à ses fonctions régulatrices, les prestations directes de l'autorité publique étant restreintes aux biens collectifs (*public goods*) — comme les mesures de santé publique au sens classique du terme —, aux activités comportant une part d'externalités — comme les campagnes vaccinales —, à la fourniture d'un paquet de services cliniques minimaux pour les pauvres (bien difficile à concevoir d'une façon opérationnelle, au demeurant), ou à ses fonctions d'information du consommateur. Dans cette optique, le district sanitaire n'est plus le socle d'une politique de soins de santé primaires ni de maîtrise d'un espace sanitaire urbain cohérent et performant. Il est instrumentalisé au service de la décentralisation de l'Etat libéral allégé, tel que le conçoivent les politiques d'ajustement structurel. Cette approche est en bonne partie incompatible avec celle que nous défendons ici. Par contre, l'ambition de réforme radicale du secteur de la santé (*health sector reform*), portée par la politique de la Banque mondiale, peut aussi être revendiquée par la volonté de contrôle de l'espace sanitaire urbain dont nous parlons. Les accents sont certes différemment inscrits sur les différents enjeux. Mais il serait inexact de présenter l'approche des districts sanitaires comme une option conservatrice face au dynamisme supposé de la privatisation et de la désétatisation. Il serait facile, au contraire, de montrer qu'une politique de soins de santé primaires et une approche de districts sanitaires enfin vraiment prises au sérieux sont porteuses d'un potentiel de réforme au moins aussi radical que les mesures préconisées par la Banque mondiale.

Les approches qui s'autodéfinissent comme «émergentes» et qui prétendent s'appuyer sur la «promotion de la santé» telle que décrite dans la «Charte d'Ottawa» (OMS 1987) ont tendance, à notre avis, à présenter une conception caricaturale du district sanitaire, transformé en repoussoir, c'est-à-dire en instrument bureaucratique, poussif et peu attractif, de la seule structuration des services de santé, le plus souvent publics. C'est évidemment une conception très réductrice des choses. On constate que ces approches émergentes, mobilisatrices

des divers acteurs de la «santé urbaine» dans une démarche interdisciplinaire, ont conduit à créer des instances de concertation et d'action qui ressemblent finalement aux districts sanitaires tels que nous les concevons. Elles insistent aussi sur la nécessaire plate-forme de coordination que nous sommes nous-même amené à préconiser dans le contexte urbain. Il nous semble donc que le district sanitaire, loin d'être incompatible avec ces approches qui se veulent novatrices, leur fournit au contraire le cadre adéquat pour leur bonne implantation dans tous les quartiers des villes.

Les approches sectorielles aujourd'hui à la mode (*sector-wide approaches*) ont le grand mérite d'instaurer une plus grande concertation entre les Etats et les bénéficiaires de l'aide extérieure, et entre les donateurs eux-mêmes, dans le financement du secteur de la santé (CASSELS & JANOVSKY 1998). On ne peut qu'approuver cette volonté de mettre fin au saupoudrage des crédits, à la création de fiefs de donateurs, au financement démesurément centré sur des projets, et aux budgets parallèles de divers programmes autonomes, au profit d'une aide structurelle au budget de l'Etat, voire au secteur privé, responsabilisés dans leur gestion. Mais ces approches ne sont en fin de compte que des tentatives de rénovation des modes de financement du secteur. Elles ne se substituent pas à la définition d'une véritable politique de santé, ni n'invalident les efforts de structuration de l'espace sanitaire urbain. Elles les appelleraient plutôt de leurs vœux, comme autant de prérequis pour leur propre efficacité.

Enfin, les approches qui prêtent toute leur attention aux comportements des acteurs et aux *coping strategies* des prestataires de services (FERRINHO & VAN LERBERGHE 2000) ont le mérite de diriger le projecteur vers les attitudes nouvelles que la modernité, l'urbanisation, la précarisation des conditions de travail et l'évolution des aspirations des citoyens induisent dans les services de santé au sens large. Mais ces approches ne peuvent évidemment tenir lieu de politique de santé. Elles soulignent des éléments du contexte trop souvent négligés dans l'analyse des systèmes de santé en ville et qui doivent absolument être pris en compte dans la meilleure maîtrise de l'espace sanitaire urbain. Le modèle du district sanitaire doit aussi — et peut aussi — apporter une réponse à ces stratégies de survie des acteurs. Bien loin de s'en trouver démodé ou dévalorisé, il offre au contraire le seul cadre structurant connu au sein duquel ces questions nouvelles pourraient être traitées.

Conclusion

S'il s'agit d'acquérir une maîtrise croissante sur un espace sanitaire urbain cohérent et performant, et si on tient compte des contraintes qu'on vient de décrire, le modèle du district sanitaire reste non seulement pertinent mais robuste. Pertinent, il crée un «îlot de rationalité» (FOUREZ 2000) où les acteurs sont à même de croiser de manière intelligible leurs questions individuelles sur

la santé dans les villes des pays en développement, en une approche interdisciplinaire. Robuste, il peut s'adapter au contexte urbain sans perdre de sa cohérence et sans abandonner sa finalité : la couverture effective de toute la population par les soins de santé primaires, en rompant avec les anciennes tentatives de répondre aux problèmes nouveaux par « toujours plus de la même chose » (TABIBZADEH *et al.* 1989, WHO 1991).

Les menaces les plus sérieuses qui pèsent sur ce modèle et remettent en cause sa finalité sont la privatisation sauvage du premier échelon de soins et les entraves à l'exercice décentralisé de la chirurgie et des services de référence en ville. Un handicap majeur est aussi la faiblesse ou l'inexistence d'une instance intégratrice, compétente et respectée, chargée de relever le défi de la « santé urbaine ». Les autres spécificités de la ville obligent certes à des modifications du modèle du district sanitaire, mais sans le remettre radicalement en cause. Elles offrent même quelquefois l'occasion d'approfondir l'approche des soins de santé primaires.

Maîtrise de la privatisation, résistance au conservatisme des grands hôpitaux, légitimation d'une instance efficace de coordination des enjeux de santé à l'échelle de la ville : c'est dire si les obstacles — et les solutions — à la mise en œuvre des districts urbains sont plus politiques que techniques. Soins de santé primaires et districts sanitaires, pris au sérieux, représentent peut-être la plus grande « réforme sectorielle » qu'on puisse proposer dans l'espace sanitaire urbain.

NOTE

- [1] Ce texte est un résumé succinct de la thèse de doctorat en santé publique défendue par l'auteur le 11 septembre 2000 à l'Université Catholique de Louvain : « Le district sanitaire urbain en Afrique subsaharienne. Enjeux, pratiques et politiques ». Les éléments empiriques à la base de cette thèse et de la présente communication ont consisté en : i) l'évaluation finale du « Projet Pikine », en 1997 (projet de développement, par la coopération belge, du système de santé de Pikine, banlieue de Dakar, de 1975 à 1996) ; ii) l'étude comparative des structures et du fonctionnement des systèmes de santé des villes de Cotonou, Ouagadougou, et Yaoundé en 1998 ; iii) la participation directe de l'auteur, comme assistant technique intermittent, au développement, sous forme de recherche-action et de recherche opérationnelle, du district sanitaire urbain de Sig-Noghin (district du Centre médical « Paul VI ») à Ouagadougou, de 1995 à 1999.

BIBLIOGRAPHIE

- ATKINSON, S., NGWENGWE, A., MACWAN'GI, M., NGULUBE, T. J., HARPHAM, T. & O'CONNELL, A. 1999. The referral process and urban health care in sub-Saharan Africa : the case of Lusaka, Zambia. — *Social Science and Medicine*, **49** (1) : 27-38.

- Banque Mondiale 1993. Rapport sur le développement dans le monde. Investir dans la santé. — Washington.
- Banque Mondiale 1994. Better Health in Africa : Experience and lessons learned. — Washington.
- Banque Mondiale 1994. Pour une meilleure santé en Afrique. Les leçons de l'expérience. — Washington.
- Banque Mondiale 1997. Stratégie sectorielle. Santé, Nutrition & Population. — Washington.
- BRUNET-JAILLY, J. (sous la direction de) 1997. Innover dans les systèmes de santé. Expériences d'Afrique de l'Ouest. — Karthala, Paris.
- CARRIN, G., JANCLOES, M. & PERROT, J. 1998. Towards new partnerships for health development in developing countries : the contractual approach as a policy tool. — *Tropical Medicine and International Health*, **3** (6) : 512-514.
- CASSELS, A. & JANOVSKY, K. 1998. Better health in developing countries : are sector-wide approaches the way of the future ? — *The Lancet*, **352** : 1777-1779.
- FERRINHO, P., VAN LERBERGHE, W., JULIEN, M., FRESTA, E., GOMES, A., DIAS, F., GONCALVES, A. & BAACKSTRO, B. 1998. Research report. How and why public sector doctors engage in private practice in Portuguese-speaking African countries. — *Health Policy and Planning*, **13** : 332-338.
- FERRINHO, P. & VAN LERBERGHE, W. 2000. Providing health care under adverse conditions : health personnel performance and individual coping strategies. — *Studies in Health Services Organisation & Policies*, **16**, Institute for Tropical Medicine, Antwerp.
- FOUREZ, G. 2000. Des représentations aux disciplines et à l'interdisciplinarité. — *La Revue Nouvelle*, **2** : 88-98.
- OMS/WHO 1987. Health Promotion Santé - Charte d'Ottawa Charter. — WHO /HPR / HEP / 95.1. Texte bilingue anglais-français de la Charte d'Ottawa, disponible sur le site Internet de l'OMS.
- ROENEN, C., FERRINHO, P., VAN DORMAEL, M., CONCEICAO, M. C. & VAN LERBERGHE, W. 1997. How African doctors make ends meet : an exploration. — *Tropical Medicine and International Health*, **2** (2) : 127-135.
- SALEM, G. 1998. La santé dans la ville. Géographie d'un petit espace dense : Pikine (Sénégal). — Karthala - ORSTOM, Paris.
- TABIBZADEH, ROSSI-ESPAGNET & MAXWELL, R. 1989. Spotlight on the city : improving urban health in developing countries. — WHO, Geneva.
- TABIBZADEH, ROSSI-ESPAGNET & MAXWELL, R. 1991. Pleins feux sur les villes. Améliorer la santé dans les villes du tiers monde. — OMS, Genève.
- VAN LERBERGHE, W., VAN BALEN, H. & KEGELS, G. 1992. Typologie et performances des hôpitaux de premier recours en Afrique subsaharienne. — *Annales de la Société belge de Médecine tropicale*, **72** (suppl. 2).
- World Health Organization 1991. Urbanization and Health in Developing Countries : a Challenge for Health for All. — *World Health Statistics Quarterly*, **44** (4) : 185-247.

Classe des Sciences techniques

Klasse voor Technische Wetenschappen

A Brief History of an Artificial River : the Great Man-made River Project in Libya*

by

Mustafa EL TAYEB**

KEYWORDS. — Aquifers ; Pipeline ; Reservoirs ; Well Fields.

SUMMARY. — In the southern and central regions of Libya, one of the hottest and driest countries of North Africa, some 500-600 metres deep, lie vast aquifers (water-bearing rocks), dating back to the Ice Age. While the aquifers hold thousands of cubic kilometres of water, they are located far from populated coastal regions. After extensive feasibility studies, the Great Man-made River Project (GMRP), a project designed to convey water to populous coastal regions, was initiated in 1983. The project, which is conceived and is being implemented over five phases, is estimated to cost \$25 billion dollars approximately. The project has a total duration of 25 years and it involves developing more than a thousand wells in the desert, the construction of some 5,000 kilometres of large-diameter buried pipelines and five large reservoirs with the aim of supplying water to the populated areas between Tripoli and Benghazi. The pipes, specifically designed for their location within the pipeline, are 7.5 metres in length and weigh approximately 80 tons each. The GMRP is one of the world's largest civil construction projects. Once complete, the GMRP will have the capacity to provide five million cubic metres of water per day.

MOTS-CLES. — Aquifères ; Pipeline ; Réservoirs ; Exploitations de puits.

RESUME. — *Bref historique d'une rivière artificielle : le Grand Projet de Rivière Artificielle en Libye.* — Dans les régions du sud et du centre de la Libye, un des pays le plus chauds et les plus secs d'Afrique du Nord et à quelque 500-600 mètres de profondeur, se trouvent de vastes aquifères qui datent de la période glaciaire. Ces aquifères, qui contiennent des milliers de kilomètres cubes d'eau, sont localisés loin des régions côtières peuplées. Après une étude de faisabilité étendue, le Grand Projet de Rivière Artificielle (GPRA) a été conçu en 1983 avec comme objectif le transport d'eau aux régions côtières peuplées. Le projet, conçu et mis en œuvre en cinq phases, est estimé à un coût total de 25 milliards de dollars. D'une durée totale de 25 années, il implique le développement de plus de mille puits dans le désert, la construction de quelque 5 000 kilomètres de tubes à grand diamètre et cinq grands réservoirs dont l'objectif est de fournir de l'eau aux régions peuplées entre Tripoli et Benghazi. Les tubes, spécialement conçus, sont longs de 7 mètres et pèsent approximativement 80 tonnes chacun. Le GPRA

* Paper presented at the meeting of the Section of Technical Sciences held on 24 November 2000. Text received on 20 April 2001.

** Member of the Academy ; Division of Policy Analysis and Operations Science Sector, UNESCO (Paris).

est un des plus grands projets de génie civil du monde. Une fois complet, le GPRA aura la capacité de fournir cinq millions de mètres cubés d'eau par jour.

TREFWOORDEN. — Waterhoudende grondlagen ; Pijpleiding ; Reservoirs ; Put-exploitaties.

SAMENVATTING. — *Een korte geschiedenis van een kunstmatige rivier : het Grote Kunstmatige-rivierproject in Libië.* — In de zuidelijke en centrale gebieden van Libië, één van de warmste en droogste landen van Noord-Afrika, ongeveer 500 tot 600 m diep, liggen grote waterhoudende grondlagen uit de IJstijd. Deze grondlagen bevatten duizende kubieke kilometer water en liggen ver van de dichtbevolkte kustgebieden. Na een uitgebreide uitvoerbaarheidsstudie, werd het Grote Kunstmatige-rivierproject (GKRP) in 1983 ontworpen om de dichtbevolkte kustgebieden van water te voorzien. De kostprijs van het project, ontworpen en uitgevoerd in vijf fasen, wordt op ongeveer 25 miljard dollar geschat. Het project, dat in totaal vijftientig jaar zal duren, impliceert het graven van meer dan duizend putten in de woestijn, de bouw van ongeveer 5 000 km pijpleidingen met grote diameter en van vijf grote dammen voor de watervoorziening van de dichtbevolkte gebieden tussen Tripoli en Benghazi. De voor deze leidingen speciaal ontworpen buizen zijn 7,5 m lang en wegen elk ongeveer 80 ton. Het GKRP is één van de grootste projecten van burgerlijke bouwkunde ter wereld. Eens voltooid, zal het GKRP 5 miljoen kubieke meter water per dag kunnen leveren.

Introduction

Libya has an area of about 1,800,000 square kilometres. The present population, which is estimated to be about 4.5 million, lives mainly in the Mediterranean coastal zone, with a large concentration in its two main cities of Tripoli, the capital, and Benghazi.

The climate in Libya changes from Mediterranean along the coast, semi-Mediterranean in a narrow adjacent zone ; through steppe to pronounced desert climate, in the greatest part of the country. Air temperature ranges from zero to over 40 °C ; evaporation from 1,700 mm/year towards the east, to over 6,000 mm/year in the oasis.

Libya has two main sources for meeting its water demands : the Mediterranean Sea and groundwater from the Sahara Desert. In view of the increasing water demand in the country, these two sources are not alternatives, but will have to be combined within the same system of integrated water resources management.

Rainfall is limited to a narrow belt along the coast, with values from 300-500 mm/year, whereas about 95 % of the territory of Libya is extremely arid, with less than 100 mm/year. The total average surface runoff is estimated at 200 mm³/year, of which a significant part is used by means of 16 storage reservoirs.

98 % of the water supply in Libya is based on groundwater that is extracted from several aquifers. Of these, renewable are the aquifers in Quaternary,

Miocene, Upper Cretaceous, and Triassic strata, with an estimated total recharge capacity of 500 mm³/year. These aquifers are heavily exploited, so that in several parts, salt-water intrusion is already imminent.

It was during the explorations for oil in the Sahara desert of Libya during the 1960s when the existence of groundwater under the Sahara was discovered. Since then, it has been known that vast quantities of fresh water existed under the Sahara desert. The water in these aquifers is ancient, and is thought to be derived from precipitation and percolation that occurred some fifteen to forty thousand years ago. The volume of this "fossil" water is estimated to exceed 30,000 km³.

These aquifers are in the desert part of the country, in Lower Cretaceous, Triassic and Cambrian-Ordovician and Tertiary strata. Without actual recharge, these can be considered as fossil resources, with an estimated volume of 35,000 km³. The capacity of extraction would depend upon the planned development of water mining. In table 1, the estimated extraction was estimated following the plans of the Great Man-made River Projects.

Water Demand

Water demand to the greatest extent depends upon water uses for agriculture, as shown in table 1 below. Two alternatives were envisaged in the forecasts (after OMAR SALEM 1992) :

- Assuming a moderate development, based on the lower limit of food production ;
- Assuming agricultural production, aimed at self-sufficiency in food of the growing population.

The comparison between estimated growth of water demand and available resources is shown in table 1.

The conclusion from table 1 is obvious : Libya consumes nearly 5 billion m³/year ; this figure is expected to double in the next thirty-five years (with moderate agricultural development), or within only ten years, if food production is increased to self-sufficiency ; the available resources are estimated to remain almost constant, around 3.5 billion m³/year, including water produced by the GMRP. Currently, the deficit is covered by over-exploiting the coastal (renewable) groundwater aquifers, sacrificing water quality for minimal agricultural development. The future water supply will strongly depend on the measures taken within the concept of integrated water management, implying the combination of the rational use of all available sources, as well as all measures for demand management, water saving in domestic and industrial water supply, re-use and recycling of used water, and above all, the improvement of irrigation practices.

Table 1
Water Supply versus Demand

I. Year	1900	2000	2010	2020	2025
II. Demand					
Domestic	408	647	1,015	1,512	1,759
Industry	74	132	236	422	566
Irrigation ¹	4,275	4,800	5,325	7,784	6,640
Irrigation ²	5,208	6,243	9,104	12,773	14,278
Total	4,757	5,579	6,576	7,784	8,965
Supply					
Renewable	500	500	500	500	500
Desalination	104	127	155	188	208
GMRP	—	1,642	2,226	2,226	2,226
Total	604	2,269	2,881	2,914	2,934
Deficit ¹	4,153	3,310	3,695	4,870	6,031
Deficit ²	5,690	7,022	10,355	14,707	16,603

¹ Based on the lower limit of food production.

² In case of food self-sufficiency.

The Great Man-made River Project

In the early 1980s, the Libyan government decided to design and install the well fields and the conveyance system — a pipeline — needed to pump and transport these waters to the north about 800 km from its sources to various demand sites along their Mediterranean coast. Figures 1, 2 and 3 show the existing and planned infrastructures. Phase I in the east and Phase II in the west are now in operation. The western system delivered its first water to Tripoli on September 1, 1996. Phase III, yet to be developed, would allow transfers of water between the western and eastern systems (in either direction), would develop the Kufra well field and would extend the eastern system eastward to serve a number of communities including Tobruk.

The project is based on the exploitation of the huge groundwater resources identified in the Sahara desert of Libya during the 1960s. The volume of these fossil resources, which originate from 15,000 to 40,000 years ago, is estimated at 35,000 km³.

The aquifer being non-renewable, the longevity of that resource entirely depends on the intensity of the exploitation. According to the original concepts, the exploitation of the aquifer should last at least some fifty years. In the course of that period of time, the water will be gradually replaced from other sources — seawater desalination, in the first place. The development plans were made in accordance with these assumptions.

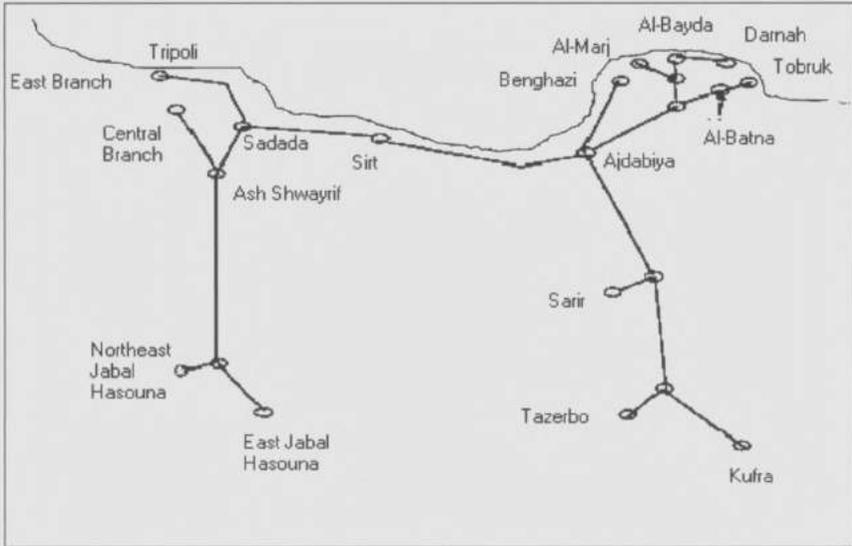


Fig. 1. — Planned Layout of the Great Man-made River Project.

In the early 1980s, the decision to extract water from the Saharan aquifer and transport it some 800 km to the North, where most of the population lives and most of the economic activity develops was taken. The Great Man-made River Authority was established in October 1983, for planning, overseeing, and approving each sub-project, as well as for operating the system. The headquarters of the GMRA is in Benghazi. The hydraulic infrastructure — pipelines, well fields, reservoirs, etc. — was planned, designed, built, and operated without foreign or international financial support. (The funds were obtained mainly from taxes on petrol, tobacco, and travel.)

Implementation Phases of the GMRP

The implementation of the Project is planned in five phases (see fig. 2) :

- Phase I : The eastern branch (SSTB), extracting water from the well field at Sarir and Tazerbo, to the Ajdabiya holding reservoir, and from there, to the regions of Benghazi and Sirt ; Phase I was started in 1983 and terminated by 1993 (without Tazerbo).
- Phase II : The Western Jamahiriya System (WJS), providing water to the Tripoli region from the sources at Fezzan (Gefara) ; the branch is operational since September 1996.

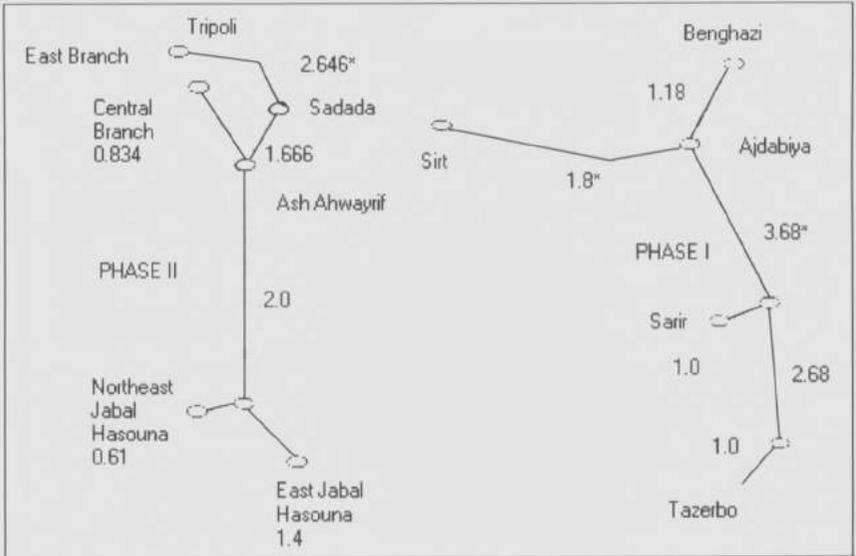


Fig. 2. — Planned Maximum Flow Capacities (MCMD) of Well Fields and Conveyance Pipes of Fully Developed GMRP.

- Phase III : The Kufra link, which will increase the capacity of Phase I (SSTB).
- Phase IV : Extension from the Ajdabiya holding reservoir of the eastern branch, to the region of Tobruk in the east.
- Phase V : Connection between the eastern and western branches (linking Sirt and Sadada), with possibility of water flow in either direction.

The following data give an idea about the dimensions of the Project :

Geographical extension : if one were to overlay Libya on top of Western Europe, the portion of the Great Man-made River from Kufra to Tripoli would extend from southern Switzerland to Northern Scotland.

Target capacity : 5.5 million m³/day ; of this, Phase I : 2.0 million m³/day.

Wells : 980 wells, of 450 to 750 metres depth, distributed in four well fields, located at several hundreds of kilometres from the coast.

Conduits : the project required manufacturing and installing approximately 250,000 pipe sections, internal diameter : 4 m, length : 7.5 m, weight : ~86 tons, total pipeline length : 3,380 km.

Well fields : 980 wells, of 450 to 750 meters depth, distributed in four well fields, located at several hundreds of kilometers from the coast.

Conduits : 574,000 sections of pre-stressed concrete pipes, diameters between 2 and 4 m ; all the pipes were manufactured in two factories (in Brega and Sarir) ; from there, they were transported to the sites.

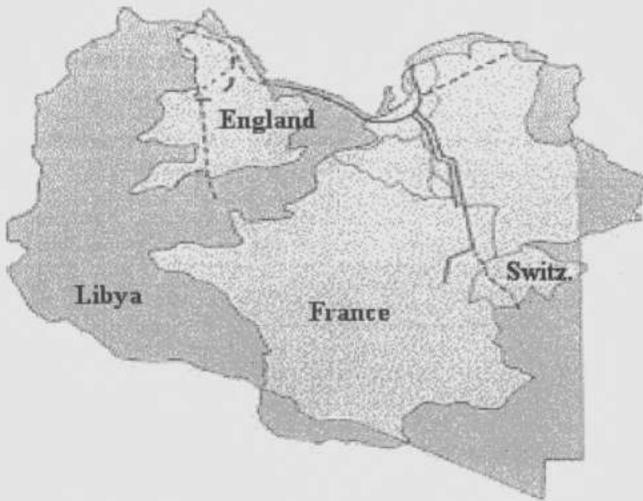


Fig. 3. — Libya and its River Project onto Western Europe.

Reservoirs : earth fill, plastic lined, capacities from 4 to 24 million m³.

Auxiliary works : roads to be built and maintained, power plants, high-voltage lines, etc.

Permanent control and communication systems : for day-to-day management.

Management : administration, permanent control and communication system, factories, workshops, housing facilities, documentation and information centre, training centre, advanced research unit, etc.

Operation, support, and maintenance centres : five in number, provide for housing, food, entertainment, and other needs to the personnel responsible for maintaining and operation of pumps, pipes, and power facilities.

Construction work force : about 10,000 people.

Construction materials used : concrete : 5,2 million tons, rockfill : 24 million tons, steel cable for prestressing : 4,3 million km, sheet steel : 43 million m².

Design, Development and Implementation

The design, development and implementation of the GRMP were, and continue to be, under the direction of the London Branch of Brown and Root Consulting Engineers, Ltd. The main construction contractor is Dong Ah Consortium of South Korea. The same companies participate in the joint-venture companies established in 1994 : BRNA (Brown & Root North Africa), for engineering services ; DAMEL (Dong Ah Middle East), for construction ; Hydro International, for drilling, etc.

The Conduits

The 4 metres in diameter Prestressed Concrete Cylinder Pipes (PCCP) were designed according to USA Technical standards. Actually, these standards were changed during the period of implementation : originally from 1984, they were modified in 1992. This change affected the construction of the pipes after 1992, but was without effect on the part of the system built before 1992 (Phase I).

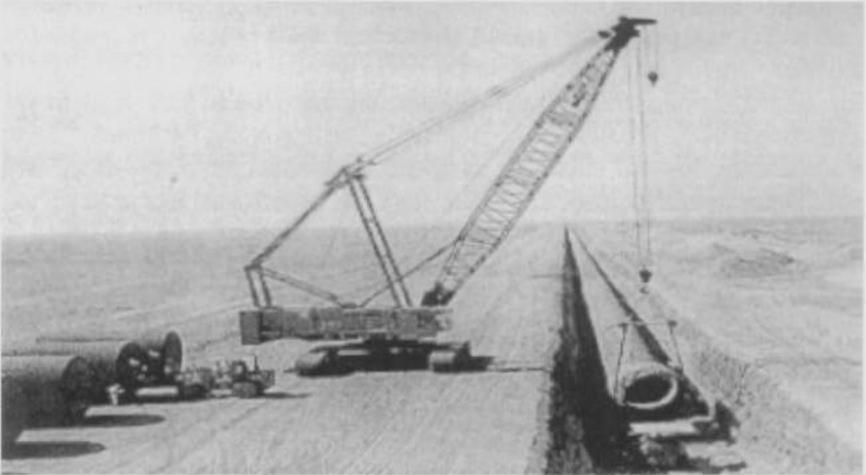


Fig. 4. — Some of the Heavy Construction Equipment used during the Installation of the GMRP. The Conveyor Loader used to backfill the Trenches can be seen here.

The pipes consist of a concrete core, inlaid with a watertight steel cylinder, and wrapped by prestressed high-tensile steel wire ; protection against corrosion was foreseen according to US standards, by external mortar coating of 19 mm (white pipes, eastern branch) sprayed on the pipe surface by 1 mm coal tar (black pipes – western branch). All pipes were manufactured in the factories in Libya, operated by the Contractor.

In 1999 and 2000, *i.e.* after some 6-10 years of service, failures were recorded in several pipes of the Phase I system (eastern branch), in the so-called “white pipes” ; no failure has occurred so far in the “black pipes” of the Phase II system (western branch), where the protection of the pipes against corrosion was strengthened by a layer of epoxy tar.

The failures were clearly due to corrosion of the high-tensile wire wrapping, which led to thinning and eventual breaking of the wires, allowing the internal water pressure to burst the concrete and steel of the pipes. Hydraulic transient phenomena, air pockets, etc., could have contributed to the brusque character of the failure.

Sustainability Considerations

The extraction of the non-renewable Saharan aquifer is obviously not sustainable as it inevitably leads to the gradual depletion of the groundwater resource. Sustainability in this context means the strategy to use the fossil underground resource as long as it is economically competitive with seawater desalination and other alternative ways of water production, at the same time preventing wastage and unproductive uses, and developing alternative resources to supplement the non-renewable ground. Eventually, the GMRP would become part of the integrated water resources management for the country.

Alternative Water Resources

When the project was initiated, the idea was to use the groundwater for 40-50 years, and gradually turn to desalination, which is expected to become less expensive. Seawater desalination remains a viable option for water supply, limited only by the cost of water production. At present, about 20 desalination plants operate in the country, with capacities in the range from 5,900 m³/day to 48,000 m³/day.

Other sources of water are the coastal aquifers, surface water resources and rainfall harvesting. While these should be mobilized to the maximum extent, they would remain largely insufficient to cover the needs (table 1).

Import of "virtual water" — *i.e.* food and industrial products that have a high water demand — is certainly a viable option, but is socially questionable, mainly because it cuts back employment in agriculture.

Water Demand Management

Water wastage in domestic, industrial and agricultural water uses can be reduced by social and economic incentives, promoting at the same time the re-use and recycling of used water in industry and agriculture.

Monitoring and Forecasting Demand Development and Resource Availability

An important task of GMRA is the permanent monitoring of the aquifer, including water quality aspects, as well as the assessment of water demand in the area deserved by the Project. The information would serve to foresee the aquifer response, in order to work out scenarios for the gradual replacement of the ground water by alternative water resources, anticipating technological advances

and economic circumstances (*e.g.* cost of energy for desalination). Of course, the forecasts must be periodically upgraded, with time horizons shrinking in function of the progressive depletion of the aquifer.

Institutional Aspects

The combination of the GMRP with other resources (such as surface water, coastal aquifer, rainfall harvesting and desalination) inevitably leads to a holistic, integrated water resources management system, with a respective legal and administrative environment. While for a long time the GMRP will remain the most important component of water resources management in Libya, it is important to raise public awareness about water by means of objective and transparent information.

UNESCO has been cooperating with GMRA on trust-fund basis since 1990. The overall objective of UNESCO engagement is to help the building of national capacities of trained personnel, capable of enhancing the positive and alleviating the negative aspects of the undertaking, and in particular, to focus on the sustainability of water resources management in Libya. UNESCO nominated an advisory board of high-level specialists in relevant fields. The six sessions of the board reflected the main activities within the framework of the trust-fund Agreement, on the following subjects.

HUMAN RESOURCES DEVELOPMENT, TRAINING AND RESEARCH (1991-1993)

Within the trust-fund Agreement, 62 engineers and science graduates were trained abroad by long-term (12-14 months) training courses, in the Netherlands, UK and Australia. UNESCO favours short courses for 25 engineers, and local training for over 400 engineers, technicians and operators, with a total of 1,300 man-months. UNESCO has also cooperated in setting up a training centre, and a documentation and information centre in GMRA headquarters in Benghazi.

SUPPORT ON OPERATION, MAINTENANCE AND DEVELOPMENT (1996-1998)

The cost-effectiveness of the GMRP was studied comparing cost GMRA supplied water with desalination options, for several scenarios [D.P. Loucks, Ph. Pallas and collaborators]; then, the hydraulic integrity of the conveyance system was re-examined, including special training of four hydraulic engineering specialists in Delft Hydraulics, the Netherlands.

STRUCTURAL AND OPERATIONAL INTEGRITY, INFORMATION AND TRAINING (1999-2000)

Responding to the urgent needs, which arose on account of the recent pipe failures, a special session of the advisory board took place in Tripoli (November 1999), followed by a workshop on underground corrosion and its prevention

(Tripoli, March 2000) and a workshop on conveyance system hydraulics (Benghazi, 4-6 April 2000).

An exchange on the protection of Prestressed Concrete Cylinder Pipe systems was organized in UNESCO (May 2000), with the participation of GMRA specialists and experts from USA, UK and Spain, followed by technical discussions in Benghazi on the pipeline failure investigations (September - October 2000). A special training is ongoing in Delft Hydraulics on modelling of hydraulic transient phenomena (2001).

Future UNESCO/GMRA Cooperation

Further cooperation will depend upon UNESCO's response to the concrete demands of GMRA. In line with UNESCO's mandate, priorities could be the preservation, strengthening and expansion of the *knowledge base*, indispensable for reliable operation, maintenance and development of the GMRP, including *life-long education and training* for qualified personnel responsible for systems operation.

An important aspect of the cooperation could be the support to the development of methods and tools for *efficient and flexible management*, to keep abreast with the changes in water use, resource availability, and technological advances, and to efficiently face *emergency situations* due to possible systems malfunction, partial failure of components, consequences of natural disasters and man-induced risks. The permanent focus of the cooperation would remain the support to *integrated water resources management*, in order to ensure sustainable development in the area of influence of the GMRP.

Conclusion

The Great Man-made River Project in Libya is a remarkable achievement in alleviating the water scarcity in that arid country. It is unique by its size and technical complexity, with an essentially positive balance when comparing the positive effects with negative impacts (table 2). It must be underlined that the GMRP should be looked at, not as an alternative, but as the main component of integrated water management of Libya. A system of such complexity and extension is necessarily vulnerable to unexpected events, malfunctions of some components and operational difficulties. The wisdom of management consists in turning operational difficulties (such as occasional pipe failures) into long-term advantages, by accelerating the integration of GMRP with other available or potential sources and resources: desalination, use of coastal aquifers, surface waters, rainwater harvesting. By advancing an integrated water management system, the long-term benefits would overtake the actual losses, because the system

Table 2
The Great Man-made River Project
Balance Sheet of the Main Effects and Impacts

Countenance	Positive Effects	Negative Impacts
Abundant supply of good quality water to people, industry and agriculture	Promotion of social welfare and economic prosperity in the deserved area	Abundant water supply may encourage wasteful uses, with harmful effects
Groundwater extraction from Saharan aquifer	Mobilization of huge unused water resources	Depletion of the non-renewable resource
Well fields with large number of high-performance pumps	Easy adjustment of production to variable water demand	Over-reliance on GMRP may discourage the development of other water sources
Conveyance by pipes buried under the ground	Limited environmental impacts	Stringent technical control and maintenance requirements
Important water storage in the conduits and reservoirs	Facility to respond to sudden water demand	Water quality may be affected in the pipes and reservoirs
Size, expansion, technical and operational complexity	Promotion of national technical know-how and self reliance	Vulnerability to natural, operational and man-induced hazards
Huge water supply potential, surpassing all other resources	Major support to national water resources management	Extreme social sensitivity to reliable systems performance
Large number of well-qualified technical and administrative personnel	Powerful, coherent and active administration and management (GMRA)	Self-sufficiency and neglect of interaction with water users and resources assessment
International visibility	Wide international interest for information about the Project	Risk of misinterpretation and unfounded concerns abroad

will last longer and operate safer ; in other words, the immediate adversity would in the final count advance the sustainability of water management in Libya.

REFERENCES

- EL-GERIANI, A. M., ESSAMIN, O., GIJSBERS, P. J. A. & LOUCKS, D. P. 1998. Cost-Effectiveness Analyses of Libya's Water Supply System. — *Journal of Water Resources Planning and Management* (Nov. - Dec.).
- EL-GHERIANI, A. M., ESSAMIN, O. & LOUCKS, D. P. 1998. Water from the Desert : Minimizing Costs of Meeting Libya's Water Demands. — *Interfaces*, **28** (Nov. - Dec.) : 23-35.
- OMAR SALEM 1992. The Great Man-made River Project, a partial solution to Libya's future water supply. — *Water Resources Development*, **8** (4).

ELOGE — LOFREDE

Annie DORSINFANG-SMETS

(Bruxelles, 16 juillet 1911 - Bruxelles, 10 octobre 2000)*



Notre consœur Annie Dorsinfang-Smets est née à Bruxelles le 16 juillet 1911. Elle était la fille de Georges Smets, historien de l'Antiquité et du Moyen Age, juriste, sociologue et ethnologue qui s'est également penché sur les civilisations de l'Afrique noire.

Intéressée très tôt par les cultures anciennes, leur histoire et surtout leur art, Annie Smets se laisse néanmoins convaincre par son père d'étudier d'abord la philologie classique, qui devait la doter des avantages d'une formation philologique rigoureuse. Mais la philologie n'empêche pas l'ethnologie. Elle lit aussi les anthropologues, dont certains, d'ailleurs, et non des moindres, étaient philologues classiques ; d'autre part, elle suit, dès leur

création, les cours d'archéologie. C'est dans ce domaine qu'elle fait son mémoire de licence, puis, en 1934, son doctorat en philologie classique, sur le style et la chronologie des amphores panathénaïques. Une licence en histoire de l'art et archéologie consolide son intérêt pour les manifestations esthétiques des civilisations. Et, à toutes fins utiles, elle fait aussi une candidature en droit.

Lauréate de concours divers, elle effectue un voyage d'études et établit des contacts avec divers archéologues étrangers. Dès 1937, elle est assistante en archéologie classique tandis qu'elle enseigne l'histoire des civilisations à l'Ecole supérieure des Arts décoratifs et à l'Ecole supérieure de Secrétariat.

En 1939, Mme Dorsinfang prend un congé pour accompagner pendant quelques mois son second mari, ingénieur d'usines et de plantations, en Afrique. Mais le destin prolongera démesurément cette interruption de carrière. La guerre

* Eloge prononcé à la séance de la Classe des Sciences morales et politiques tenue le 21 novembre 2001.

éclate. Bloquée au Congo, elle doit s'engager activement dans la gestion des plantations et des usines, ce qui la met en contact direct avec la population africaine, dans la brousse, et lui permet aussi d'observer leur vie traditionnelle ainsi que ces incessants problèmes de contact ou de chocs de culture qui deviendront par la suite un de ses principaux pôles d'intérêt.

De retour en Europe, en 1946, notre consœur retrouve enfin les siens et en particulier sa petite fille. Tout rentre dans l'ordre. Elle peut reprendre ses recherches et, de façon caractéristique, se propose de mettre à profit ses acquis récents et de prolonger ainsi son intérêt pour l'Afrique. Elle contacte donc la section Antiquité des Musées royaux d'Art et d'Histoire en vue d'une étude sur l'image des Africains et les données ethnologiques dans l'art et la littérature classique. Mais Henri Lavachery, le conservateur en chef de l'époque, philologue classique lui aussi et ethnologue, lui demande son aide pour étudier une collection nouvelle d'objets mexicains. C'est ainsi, et guidée par Lavachery, mais néanmoins fort bien préparée par ses études, ses lectures et son séjour africain, qu'elle a abordé ce qui deviendra son domaine de prédilection, dans lequel ses contributions ont été les plus nombreuses et les plus importantes : l'Amérique indienne et surtout précolombienne. Pendant plus de dix ans, elle sera collaboratrice en archéologie américaine aux Musées Royaux d'Art et d'Histoire. Dès 1949, elle a repris son cours d'histoire des civilisations et l'année suivante, elle est chargée de recherches à l'Institut de Sociologie.

Bientôt, malheureusement, une nouvelle et terrible épreuve surgit. Son mari décède en 1952. Seule pour la seconde fois avec sa fille, elle doit chercher à amplifier ses activités et ne plus s'en tenir à la seule recherche. Elle se dépense de tout côté, dirigeant l'Ecole sociale coloniale, qu'elle a mise sur pied et où elle donne un cours d'*Initiation à la vie indigène* ; exerçant ses talents de gestion à l'Institut de Sociologie, où elle deviendra aussi collaboratrice scientifique, puis directeur de recherche en 1964 ; devenant chargée de cours, puis, en 1960, professeur ordinaire à l'ULB, où elle enseignera les *Institutions et coutumes des peuples primitifs*, cours qui deviendra *Anthropologie sociale ; Etude approfondie de questions relatives aux institutions primitives*, qu'elle partage avec Luc de Heusch ; *Contacts de Culture*, et enfin *Etude approfondie de questions d'histoire de l'art et d'archéologie des peuples primitifs*, cours qui fusionnera avec un autre d'arts primitifs, lesquels arts deviendront, dans des intitulés ultérieurs, «archaïques», puis «non européens». Son domaine est donc immense : il couvre presque le monde entier et, pour certaines matières, les époques les plus diverses. En matière d'art, elle a à sa charge l'Afrique, l'Océanie et l'Amérique indienne, tant «tribale» comme on disait aussi, que précolombienne. De nos jours, on peut s'estimer heureux de maîtriser plus ou moins une petite aire et une époque d'un seul de ces continents...

Infatigable, elle s'occupera de la *Revue de l'Institut de Sociologie* et du secrétariat scientifique de l'Institut, assumera diverses présidences, comme celle de la Société royale belge d'Anthropologie et de Préhistoire, de la Société belge de

Sociologie, de la section des sciences sociales à l'ULB, continuera à dispenser des cours dans plusieurs institutions de renom en sus de l'Université, etc.

En 1973, notre Académie l'élit comme membre associée et elle participera activement à ses travaux, assistant aux séances jusqu'il y a peu d'années encore.

En dépit de ces charges et de ces engagements multiples et ininterrompus, Annie Dorsinfang continue à publier. La Grèce s'effacera ; elle fera l'objet d'une ultime publication en 1953. L'Afrique restera présente constamment, surtout à travers l'anthropologie, mais aussi l'art, passé et présent, pour lequel la Commission pour la Protection des Arts et Métiers indigènes l'y envoie en mission en 1957, qu'elle enseigne à l'Université d'Elisabethville en 1958 comme chargée de cours visiteuse et dont elle s'occupe aussi dans le cadre de l'Exposition Universelle. Son expérience africaine transparaît également dans maint article sur l'acculturation, ou, replacée dans un contexte plus large, sur certains aspects de l'organisation sociale ou politique, le statut de la femme, l'éducation des enfants dans les sociétés traditionnelles, sur quelques coutumes particulières aussi, fidèle en cela à la voie tracée par son père. On lui confie le chapitre Congo, Rwanda, Burundi dans les volumes *Ethnologie régionale* de l'*Encyclopédie de la Pléiade*.

C'est dans un style très personnel, vivant, éminemment lisible, procédant par petites touches successives, qu'elle transmet les faits et ses idées, ou qu'elle diffuse chez nous les vues des grands anthropologues, surtout américains.

En 1978, notre consœur fait ici-même une communication sur les obstacles internes à l'acculturation qui est fort écoutée, mais aussi accueillie par certains avec scepticisme, alors que ce qu'elle expliquait paraît aujourd'hui évident. La communication est réclamée ensuite par d'autres Classes et connaît des prolongements dans le Symposium *Coopération et choc des civilisations* de 1980, dont elle préside le comité d'organisation.

Mais c'est l'Amérique ancienne qui a été son principal centre d'intérêt, peut-être parce que, avec ses grandes cultures urbaines, elle paraissait en quelque sorte à mi-chemin entre la Grèce et les civilisations traditionnelles. Quoi qu'il en soit, c'est là qu'elle a fait, me semble-t-il, ses travaux les plus originaux. Avec, dès 1949, des articles précis, rigoureux, efficaces, qui sentent bon l'historien de l'art, sur un certain nombre d'œuvres d'art de l'Amérique centrale et du Sud. Par la suite, à partir des années soixante, son intérêt ira plutôt vers des thèmes plus vastes, comme l'organisation politique ou les religions. Elle consacrera d'ailleurs un livre aux religions précolombiennes et publiera en 1973, chez Meddens, un ouvrage général sur ce qu'elle appellera «les civilisations du maïs». D'autres, collectifs, seront consacrés à l'Océanie et à l'Amérique du Nord.

Parmi les nombreuses publications qui suivront, plusieurs présentent des idées originales sur le dieu et roi Quetzalcoatl, au sujet duquel elle propose notamment des rapprochements passionnants avec les figures chamaniques, rapprochements qui peuvent être une clef pour l'élucidation du codex précolombien Borgia. C'est elle aussi qui prend en charge la direction en Belgique du *Corpus des Antiquités*

américaines, de l'Union académique internationale, et le corpus belge deviendra rapidement un des plus productifs.

Ainsi, pendant vingt ans, Mme Dorsinfang a représenté, à elle seule, l'américanisme dans notre pays. Tous ceux qui travaillent dans ce domaine aujourd'hui ont été ses élèves ou sont directement ou indirectement tributaires d'elle. Je songe à Marie-Areti Hers au Mexique, Sergio Purin aux Musées Royaux d'Art et d'Histoire, Jacques Malengreau au FNRS, René Dalemans, Anne Lozonczy, et moi-même à l'ULB et à l'Ecole pratique des Hautes Etudes...

J'ai eu la grande chance d'avoir été choisi par elle comme assistant en 1972, ce qui m'a permis de lui succéder dans le domaine américaniste. C'est sous sa direction que j'ai eu le privilège de faire ma thèse de doctorat. Quiconque l'a connue la savait immensément aimable, toujours égale d'humeur, disponible, scrupuleuse, fiable, de bon conseil. Elle était courageuse, ferme quand il le fallait, et loyale, notamment avec ses divers assistants qu'une fois choisis, elle appuyait jusqu'au bout. Elle m'a appris l'indulgence, une qualité de plus en plus indispensable pour qui enseigne aujourd'hui. Pour ma thèse, je n'aurais pu trouver une direction plus tranquille, confiante et encourageante. Elle me laissait la plus grande latitude tout en me faisant de temps à autre, mine de rien, de discrètes observations qui suffisaient à remettre les choses sur les rails. On discutait des matières les plus diverses mais, en dehors du domaine professionnel, son sujet de conversation préféré, dont jamais elle ne se lassait, sa préoccupation constante, était sa famille, sa fille, ses petits-enfants, leurs conjoints, puis ses arrière-petits-enfants qui l'enchantaient.

Une fois sa retraite prise, en 1981, elle put enfin, pendant de longues années encore, se consacrer tout entière à eux et à ses amis, tout en continuant à s'intéresser aux domaines qui avaient occupé sa vie.

Elle s'est éteinte à l'automne, le 10 octobre de l'année dernière, à l'âge de 89 ans.

Michel GRAULICH

PROCES-VERBAUX — NOTULEN

Séance plénière du 18 octobre 2001

La Séance plénière de rentrée de l'Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer s'est tenue cette année à l'Auditorium Fortis à Bruxelles. Elle est présidée par M. H. Baetens Beardsmore, Président de l'Académie, entouré de M. E. Robbrecht, Directeur de la Classe des Sciences naturelles et médicales, de M. F. Thirion, Vice-Directeur de la Classe des Sciences techniques, et de Mme Y. Verhasselt, Secrétaire perpétuelle.

Le Président prononce l'introduction.

M. F. Thirion fait une lecture intitulée : «Le renouveau des technologies traditionnelles» (pp. 413-437).

M. E. Robbrecht présente un exposé intitulé : «Biodiversiteitscrisis en DNA-technologie : uitdagingen voor de biologische systematiek anno 2001» (pp. 439-452).

Ensuite, la Secrétaire perpétuelle présente le rapport sur les activités de l'Académie 2000-2001 (pp. 453-458).

La séance se clôture par la remise des diplômes aux lauréats du Concours 2001 et du prix Fernand Suykens.

Le Président lève la séance à 16 h 30.

Plenaire zitting van 18 oktober 2001

De plenaire openingszitting van de Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen vond dit jaar plaats in het Fortis Auditorium te Brussel. Zij wordt voorgezeten door de Heer H. Baetens Beardsmore, Voorzitter van de Academie, omringd door de Heer E. Robbrecht, Directeur van de Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen, de Heer F. Thirion, Vice-Directeur van de Klasse voor Technische Wetenschappen, en Mevr. Y. Verhasselt, Vast Secretaris.

De Heer H. Baetens Beardsmore leidt de zitting in.

De Heer F. Thirion houdt een lezing met als titel : „Le renouveau des technologies traditionnelles” (pp. 413-437).

De Heer E. Robbrecht geeft een uiteenzetting met als titel : „Biodiversiteitscrisis en DNA-technologie : uitdagingen voor de biologische systematiek anno 2001” (pp. 439-452).

Vervolgens geeft de Vast Secretaris lezing van het verslag over de werkzaamheden van de Academie 2000-2001 (pp. 453-458).

De zitting wordt besloten met de overhandiging van de diploma's aan de laureaten van de Wedstrijd 2001 en de Fernand Suykensprijs

De Voorzitter heft de zitting om 16 u. 30.

Liste de présence des membres de l'Académie

Classe des Sciences morales et politiques :

R. Anciaux, H. Baetens Beardsmore, P. Boelens-Bouvier, F. de Hen, V. Drachoussoff, J. Everaert, A. Huybrechts, J. Jacobs, P. Raymaekers, P. Salmon, C. Sturtewagen, Y. Verhasselt, H. Vinck, C. Willemen.

Classe des Sciences naturelles et médicales :

I. Beghin, J. Boly, J. Bouharmont, J. Delhal, M. Deliens, L. D'Haese, J. D'Hoore, L. Eyckmans, J.-P. Malingreau, J. Meyer, J.-C. Micha, H. Nicolai, A. Ozer, J. Rammeloo, E. Robbrecht, E. Roche, G. Stoops, J.-J. Symoens, C. Sys, E. Van Ranst.

Classe des Sciences techniques :

L. André, J.-M. Charlet, J. Charlier, J. De Cuyper, H. Deelstra, L. Dejonghe, G. Demarée, P. De Meester, C. De Meyer, R. Leenaerts, L. Martens, J. Michot, R. Sokal, F. Thirion, R. Wambacq.

Aanwezigheidslijst van de leden van de Academie

Klasse voor Morele en Politieke Wetenschappen :

R. Anciaux, H. Baetens Beardsmore, P. Boelens-Bouvier, F. de Hen, V. Drachoussoff, J. Everaert, A. Huybrechts, J. Jacobs, P. Raymaekers, P. Salmon, C. Sturtewagen, Y. Verhasselt, H. Vinck, C. Willemen.

Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen :

I. Beghin, J. Boly, J. Bouharmont, J. Delhal, M. Deliens, L. D'Haese, J. D'Hoore, L. Eyckmans, J.-P. Malingreau, J. Meyer, J.-C. Micha, H. Nicolai, A. Ozer, J. Rammeloo, E. Robbrecht, E. Roche, G. Stoops, J.-J. Symoens, C. Sys, E. Van Ranst.

Klasse voor Technische Wetenschappen :

L. André, J.-M. Charlet, J. Charlier, J. De Cuyper, H. Deelstra, L. Dejonghe, G. Demarée, P. De Meester, C. De Meyer, R. Leenaerts, L. Martens, J. Michot, R. Sokal, F. Thirion, R. Wambacq.

Classe des Sciences morales et politiques

Séance du 20 novembre 2001

(Extrait du procès-verbal)

La séance est ouverte à 14 h 30 par M. H. Baetens Beardsmore, Directeur, assisté de Mme Y. Verhasselt, Secrétaire perpétuelle.

Sont en outre présents : Mme P. Boelens-Bouvier, MM. P. Collard, F. de Hen, M. Graulich, E. Haerinck, J. Jacobs, P. Petit, F. Reyntjens, P. Salmon, A. Stenmans, J.-L. Vellut, membres titulaires ; MM. G. de Villers, V. Drachoussoff, Mme F. Nahavandi, M. C. Sturtewagen, Mme B. Vanhoudt, membres associés ; M. H. Nicolaï, membre de la Classe des Sciences naturelles et médicales.

Ont fait part de leur regret de ne pouvoir assister à la séance : MM. R. Anciaux, P. de Maret, R. Devisch, Mme M. Engelborghs-Bertels, MM. J. Everaert, A. Huybrechts, J. Klener, P. Raymaekers, R. Rezsohazy, E. Vandewoude, C. Willemen.

Eloge de Mme Annie Dorsinfang-Smets

M. M. Graulich prononce l'éloge de Mme Annie Dorsinfang-Smets.

La Classe observe une minute de silence à la mémoire de la Conscœur disparue.

Le texte de cet éloge paraîtra dans le *Bulletin des Séances*.

Développement et après-développement

Mme F. Nahavandi présente une communication intitulée comme ci-dessus.

MM. A. Stenmans, G. de Villers, J.-L. Vellut, V. Drachoussoff, H. Baetens Beardsmore, Mme P. Bouvier, M. F. Reyntjens et Mme Y. Verhasselt prennent part à la discussion.

Le Classe décide de publier cette étude dans le *Bulletin des Séances*.

«De Vroege IJzertijd in Luristan, West-Iran. Resultaten van vijftien jaar onderzoek door de “Belgische Archeologische Missie in Iran”»

M. B. Overlaet, lauréat du Concours 2000, a présenté cette étude lors de la séance du 20 mars 2001.

Klasse voor Morele en Politieke Wetenschappen

Zitting van 20 november 2001

(Uittreksel van de notulen)

De zitting wordt om 14 u. 30 geopend door de Heer H. Baetens Beardsmore, Directeur, bijgestaan door Mevr. Y. Verhasselt, Vast Secretaris.

Zijn bovendien aanwezig : Mevr. P. Boelens-Bouvier, de HH. P. Collard, F. de Hen, M. Graulich, E. Haerinck, J. Jacobs, P. Petit, F. Reyntjens, P. Salmon, A. Stenmans, J.-L. Vellut, werkende leden ; de HH. G. de Villers, V. Drachoussoff, Mevr. F. Nahavandi, de Heer C. Sturtewagen, Mevr. B. Vanhoudt, geassocieerde leden ; de Heer H. Nicolăi, lid van de Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen.

Betuygden hun spijt niet aan de zitting te kunnen deelnemen : de HH. R. Anciaux, P. de Maret, R. Devisch, Mevr. M. Engelborghs-Berthels, de HH. J. Everaert, A. Huybrechts, J. Klener, P. Raymaekers, R. Rezsohazy, E. Vandewoude, C. Willemen.

Lofrede van Mevr. Annie Dorsin角度-Smets

De Heer M. Graulich spreekt de lofrede uit van Mevr. Annie Dorsin角度-Smets.

De Klasse neemt een minuut stilte waar ter nagedachtenis van de overleden Consoror.

De tekst van deze lofrede zal in de *Mededelingen der Zittingen* verschijnen.

• “Développement et après-développement”

Mevr. F. Nahavandi stelt een mededeling voor getiteld als hierboven.

De HH. A. Stenmans, G. de Villers, J.-L. Vellut, V. Drachoussoff, H. Baetens Beardsmore, Mevr. P. Bouvier, de Heer F. Reyntjens en Mevr. Y. Verhasselt nemen aan de bespreking deel.

De Klasse beslist deze studie in de *Mededelingen der Zittingen* te publiceren.

De Vroege IJzertijd in Luristan, West-Iran. Resultaten van vijftien jaar onderzoek door de “Belgische Archeologische Missie in Iran”

De Heer B. Overlaet, laureaat van de Wedstrijd 2000, heeft deze studie tijdens de zitting van 20 maart 2001 voorgesteld.

Après avoir entendu les rapports de MM. J. Ryckmans et F. Van Noten, la Classe décide de publier le texte dans le *Bulletin des Séances* (pp. 461-480).

Commission administrative

Le mandat de M. M. Graulich au sein de la Commission administrative échoit le 31 décembre 2001. Ce mandat est renouvelable. Toutefois, en raison d'activités professionnelles très absorbantes, M. Graulich souhaite que son mandat ne soit pas reconduit.

Il est proposé qu'à la prochaine réunion de la Commission administrative (prévue en mars 2002), on lui désigne un successeur.

La séance est levée à 16 h 50.
Elle est suivie d'un Comité secret.

Na de verslagen van de HH. J. Ryckmans en F. Van Noten gehoord te hebben beslist de Klasse deze tekst in de *Mededelingen der Zittingen* te publiceren (pp. 461-480).

Bestuurscommissie

Het mandaat van de Heer M. Graulich binnen de Bestuurscommissie vervalt op 31 december 2001. Dit mandaat is hernieuwbaar. De Heer Graulich vraagt echter, omwille van zijn uitermate drukke professionele activiteiten, zijn mandaat niet te verlengen.

Er wordt voorgesteld te wachten tot de volgende vergadering van de Bestuurscommissie (voorzien voor maart 2002) om een opvolger aan te duiden.

De zitting wordt om 16 u. 50 geheven.
Zij wordt gevolgd door een Besloten Vergadering.

Classe des Sciences morales et politiques

Séance du 11 décembre 2001

(Extrait du procès-verbal)

La séance est ouverte à 14 h 30 par M. H. Baetens Beardsmore, Directeur.

Sont en outre présents : Mme P. Boelens-Bouvier, MM. P. Collard, F. de Hen, E. Haerinck, A. Huybrechts, J. Jacobs, F. Reyntjens, P. Salmon, A. Stenmans, J.-L. Vellut, T. Verhelst, membres titulaires ; Mme D. de Lame, M. V. Drachoussoff, Mme F. Nahavandi, MM. C. Sturtewagen, C. Willemen, membres associés ; M. H. Vinck, membre correspondant ; M. H. Nicolai, membre de la Classe des Sciences naturelles et médicales.

Ont fait part de leur regret de ne pouvoir assister à la séance : M. R. Anciaux, Mme E. Bruyninx, MM. F. De Boeck, P. de Maret, Mme M. Engelborghs-Bertels, MM. J. Klener, S. Plasschaert, P. Raymaekers, R. Rezsöhazi, E. Vandewoude, Mme Y. Verhasselt, M. U. Vermeulen.

Le retour à la tradition dans le jugement du génocide rwandais : la justice participative

M. C. Ntampaka, Fac. Univ. Notre Dame de la Paix (Namur), présente une communication intitulée comme ci-dessus.

M. F. Reyntjens, Mme D. de Lame, MM. T. Verhelst et H. Nicolai interviennent dans la discussion.

Deux rapporteurs seront désignés à la prochaine séance.

Pratiques ancestrales et démographie de l'Afrique Noire pré-coloniale

M. M. Singleton, Département Sciences de la Population et Développement (U.C.L.), présente une communication intitulée comme ci-dessus.

MM. P. Salmon, H. Vinck et Mme D. de Lame prennent part à la discussion.

Deux rapporteurs seront désignés à la prochaine séance.

La séance est levée à 17 h 05.

Elle est suivie d'un Comité secret.

Klasse voor Morele en Politieke Wetenschappen

Zitting van 11 december 2001

(Uittreksel van de notulen)

De zitting wordt om 14 u. 30 geopend door de Heer H. Baetens Beardsmore, Directeur.

Zijn bovendien aanwezig : Mevr. P. Boelens-Bouvier, de HH. P. Collard, F. de Hen, E. Haerinck, A. Huybrechts, J. Jacobs, F. Reyntjens, P. Salmon, A. Stenmans, J.-L. Vellut, T. Verhelst, werkende leden ; Mevr. D. de Lame, M. V. Drachoussoff, Mevr. F. Nahavandi, de HH. C. Sturtewagen, C. Willemen, geassocieerde leden ; de Heer H. Vinck, corresponderend lid ; de Heer H. Nicolai, lid van de Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen.

Betuigden hun spijt niet aan de zitting te kunnen deelnemen : de Heer R. Anciaux, Mevr. E. Bruyninx, de HH. F. De Boeck, P. de Maret, Mevr. M. Engelborghs-Bertels, de HH. J. Klener, S. Plasschaert, P. Raymaekers, R. Rezsöházy, E. Vandewoude, Mevr. Y. Verhasselt, de Heer U. Vermeulen.

„Le retour à la tradition dans le jugement du génocide rwandais : la justice participative”

De Heer C. Ntampaka, „Fac. Univ. Notre Dame de la Paix” (Namen), stelt een mededeling voor getiteld als hierboven.

De Heer F. Reyntjens, Mevr. D. de Lame, de HH. T. Verhelst en H. Nicolai nemen aan de bespreking deel.

Twee verslaggevers zullen op de volgende zitting aangeduid worden.

„Pratiques ancestrales et démographie de l’Afrique Noire pré-coloniale”

De Heer M. Singleton, „Département Sciences de la population et Développement (U.C.L.)”, stelt een mededeling voor getiteld als hierboven.

De HH. P. Salmon, H. Vinck en Mevr. D. de Lame nemen aan de bespreking deel.

Twee verslaggevers zullen op de volgende zitting aangeduid worden.

De zitting wordt om 17 u. 05 geheven.
Zij wordt gevolgd door een Besloten Vergadering.

Classe des Sciences naturelles et médicales

Séance du 27 novembre 2001

(Extrait du procès-verbal)

La séance est ouverte à 14 h 30 par M. E. Robbrecht, Directeur, assisté de Mme Y. Verhasselt, Secrétaire perpétuelle.

Sont en outre présents : MM. J. Alexandre, I. Beghin, J. Bouharmont, E. Coppejans, E. De Langhe, J. Delhal, M. Deliens, L. Eyckmans, A. Fain, P. Gigase, P. Goyens, J.-M. Jadin, H. Maraite, J.-C. Micha, H. Nicolai, A. Ozer, Mme F. Portaels, MM. J. Rammeloo, G. Stoops, Mme D. Swinne, MM. J.-J. Symoens, C. Sys, D. Thys van den Audenaerde, H. Vis, membres titulaires ; M. R. Dudal, membre associé ; M. B. Mansourian, membre correspondant.

Ont fait part de leur regret de ne pouvoir assister à la séance : MM. J. Belot, M. De Dapper, A. de Scoville, S. Geerts, M. Lechat, F. Malaisse, J. Mortelmans, L. Tack, E. Tollens, P. Van der Veken, E. Van Ranst, J. Vercruyse, M. Wéry.

«Health Science and Technology : Gaps and Opportunities»

M. B. Mansourian présente une communication intitulée comme ci-dessus. MM. L. Eyckmans et I. Beghin interviennent dans la discussion. La Classe décide de publier cette étude dans le *Bulletin des Séances*.

Réussite de l'introduction du protoptère, *Protopterus aethiopicus*, au Rwanda

M. J.-C. Micha présente une communication intitulée comme ci-dessus. MM. J.-J. Symoens, E. De Langhe, A. Fain, A. Ozer, J. Alexandre, D. Thys van den Audenaerde, H. Nicolai et J.-M. Jadin prennent part à la discussion. La Classe décide de publier cette étude dans le *Bulletin des Séances*.

«Wildiers en "Bios" : de ontdekking van de vitamines in 1900»

M. J.-P. Tricot, président de la *Societas Belgica Historiae Medicinae*, a présenté cet exposé lors de la séance du 27 juin 2000.

Après avoir entendu les rapports de MM. L. Eyckmans et H. Vis, la Classe décide de ne pas publier ce texte dans le *Bulletin des Séances*.

Commission administrative

Le mandat de M. J.-C. Micha au sein de la Commission administrative échoit le 31 décembre 2001. Ce mandat n'est pas renouvelable. La Commission administrative propose à la Classe des Sciences naturelles et médicales de confier un mandat à Mme D. Swinne. La Classe approuve cette proposition.

Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen

Zitting van 27 november 2001

(Uittreksel van de notulen)

De zitting wordt om 14 u. 30 geopend door de Heer E. Robbrecht, Directeur, bijgestaan door Mevr. Y. Verhasselt, Vast Secretaris.

Zijn bovendien aanwezig : de HH. J. Alexandre, I. Beghin, J. Bouharmont, E. Coppejans, E. De Langhe, J. Delhal, M. Deliëns, L. Eyckmans, A. Fain, P. Gigase, P. Goyens, J.-M. Jadin, H. Maraite, J.-C. Micha, H. Nicolaï, A. Ozer, Mevr. F. Portaels, de HH. J. Rammeloo, G. Stoops, Mevr. D. Swinne, de HH. J.-J. Symoens, C. Sys, D. Thys van den Audenaerde, H. Vis, werkende leden ; de Heer R. Dudal, geassocieerd lid ; de Heer B. Mansourian, corresponderend lid.

Betuigden hun spijt niet aan de zitting te kunnen deelnemen : de HH. J. Belot, M. De Dapper, A. de Scoville, S. Geerts, M. Lechat, F. Malaisse, J. Mortelmans, L. Tack, E. Tollens, P. Van der Veken, E. Van Ranst, J. Vercruyse, M. Wéry.

„Health Science and Technology : Gaps and Opportunities”

De Heer B. Mansourian stelt een mededeling voor getiteld als hierboven.

De HH. L. Eyckmans en I. Beghin nemen aan de bespreking deel.

De Klasse beslist deze studie in de *Mededelingen der Zittingen* te publiceren.

„Réussite de l'introduction du protoptère, *Protopterus aethiopicus*, au Rwanda”

De Heer J.-C. Micha stelt een mededeling voor getiteld als hierboven.

De HH. J.-J. Symoens, E. De Langhe, A. Fain, A. Ozer, J. Alexandre, D. Thys van den Audenaerde, H. Nicolaï en J.-M. Jadin nemen aan de bespreking deel.

De Klasse beslist deze studie in de *Mededelingen der Zittingen* te publiceren.

Wildiers en “Bios” : de ontdekking van de vitamines in 1900

De Heer J.-P. Tricot, voorzitter van de *Societas Belgica Historiae Medicinae*, heeft deze mededeling tijdens de zitting van 27 juni 2000 voorgesteld.

Na de verslagen van de HH. L. Eyckmans en H. Vis gehoord te hebben, beslist de Klasse deze tekst niet in de *Mededelingen der Zittingen* te publiceren.

Bestuurscommissie

Het mandaat van de Heer J.-C. Micha binnen de Bestuurscommissie vervalt op 31 december 2001. Dit mandaat is niet hernieuwbaar. De Bestuurscommissie stelt de Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen voor een mandaat aan Mevr. D. Swinne toe te vertrouwen. De Klasse keurt dit voorstel goed.

Nominations

Par arrêté royal du 4 octobre 2001, MM. E. Coppejans et A. Ozer ont été nommés membres titulaires.

Honorariat

Par arrêté royal du 4 octobre 2001, M. M. Wéry, membre titulaire, a été promu à l'honorariat.

Par arrêté ministériel du 4 octobre 2001, M. J.-C. Ruwet, membre associé, Mme J. Eusebio et M. M. Kremer, membres correspondants, ont été promus à l'honorariat.

La séance est levée à 16 h 55.

Benoemingen

Bij koninklijk besluit van 4 oktober 2001 werden de HH. E. Coppejans en A. Ozer tot werkend lid benoemd.

Erelidmaatschap

Bij koninklijk besluit van 4 oktober 2001 werd de Heer M. Wéry, werkend lid, tot het erelidmaatschap bevorderd.

Bij ministerieel besluit van 4 oktober 2001 werden de Heer J.-L. Ruwet, geassocieerd lid, Mevr. J. Eusebio en de Heer M. Kremer, corresponderende leden, tot het erelidmaatschap bevorderd.

De zitting wordt om 16 u. 55 geheven.

Classe des Sciences naturelles et médicales

Séance du 18 décembre 2001

(Extrait du procès-verbal)

La séance est ouverte à 14 h 30 par M. E. Robbrecht, Directeur, assisté de Mme Y. Verhasselt, Secrétaire perpétuelle.

Sont en outre présents : MM. J. Alexandre, I. Beghin, J. Bouharmont, E. Coppejans, E. De Langhe, J. Delhal, M. Deliens, P. Goyens, J.-M. Jadin, F. Malaisse, J. Meyer, J.-C. Micha, H. Nicolai, A. Ozer, J.-J. Symoens, C. Sys, P. Van der Veken, membres titulaires ; M. L. D'Haese, Mme M. Vincx, membres associés.

Ont fait part de leur regret de ne pouvoir assister à la séance : MM. J. Belot, M. De Dapper, A. de Scoville, J. D'Hoore, R. Dudal, L. Eyckmans, S. Geerts, P. Gigase, H. Maraité, J. Mortelmans, Mme F. Portaels, MM. J. Rammeloo, G. Stoops, R. Swennen, Mme D. Swinne, MM. R. Tonglet, E. Tollens, E. Van Ranst, J. Vercruysse, M. Wéry.

«Vijftien jaar algologisch onderzoek langs de Oost-Afrikaanse kust»

MM. E. Coppejans et O. De Clerck présentent une communication intitulée comme ci-dessus.

MM. E. De Langhe, P. Van der Veken, Mme M. Vincx, MM. J.-J. Symoens, A. Ozer et E. Robbrecht interviennent dans la discussion.

Les auteurs ne souhaitent pas introduire de texte.

Les Canelos Quichua d'Equateur : approche ethnoécologique et gestion du "shigua muyu"»

(*Jessenia bataua*, Araceae)

MM. F. Malaisse, G. Mahy et Mme E. Bisteau présentent une communication intitulée comme ci-dessus.

MM. H. Nicolai, P. Van der Veken, P. Goyens, J.-C. Micha, J.-M. Jadin et A. Ozer prennent part à la discussion.

La Classe décide de publier cette étude dans le *Bulletin des Séances*.

La séance est levée à 16 h 40.
Elle est suivie d'un Comité secret.

Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen

Zitting van 18 december 2001

(Uittreksel van de notulen)

De zitting wordt om 14 u. 30 geopend door de Heer E. Robbrecht, Directeur, bijgestaan door Mevr. Y. Verhasselt, Vast Secretaris.

Zijn bovendien aanwezig : de HH. J. Alexandre, I. Beghin, J. Bouharmont, E. Coppejans, E. De Langhe, J. Delhal, M. Deliens, P. Goyens, J.-M. Jadin, F. Malaisse, J. Meyer, J.-C. Micha, H. Nicolai, A. Ozer, J.-J. Symoens, C. Sys, P. Van der Veken, werkende leden ; de Heer L. D'Haese, Mevr. M. Vincx, geassocieerde leden.

Betuygden hun spijt niet aan de zitting te kunnen deelnemen : de HH. J. Belot, M. De Dapper, A. de Scoville, J. D'Hoore, R. Dudal, L. Eyckmans, S. Geerts, P. Gigase, H. Maraite, J. Mortelmans, Mevr. F. Portaels, de HH. J. Rammeloo, G. Stoops, R. Swennen, Mevr. D. Swinne, de HH. R. Tonglet, E. Tollens, E. Van Ranst, J. Vercruyse, M. Wéry.

Vijftien jaar algologisch onderzoek langs de Oost-Afrikaanse kust

De HH. E. Coppejans en O. De Clerck stellen een mededeling voor getiteld als hierboven.

De HH. E. De Langhe, P. Van der Veken, Mevr. M. Vincx, de HH. J.-J. Symoens, A. Ozer en E. Robbrecht nemen aan de bespreking deel.

De auteurs wensen geen tekst in te dienen.

„Les Canelos Quichua d'Equateur : approche ethnoécologique et gestion du ‚shigua muyu‘”

(*Jessenia bataua*, Aracaceae)

De HH. F. Malaisse, G. Mahy en Mevr. E. Bisteau stellen een mededeling voor getiteld als hierboven.

De HH. H. Nicolai, P. Van der Veken, P. Goyens, J.-C. Micha, J.-M. Jadin en A. Ozer nemen aan de bespreking deel.

De Klasse beslist deze studie in de *Mededelingen der Zittingen* te publiceren.

De zitting wordt om 16 u.40 geheven.
Zij wordt gevolgd door een Besloten Vergadering.

Classe des Sciences techniques

Séance du 29 novembre 2001

(Extrait du procès-verbal)

La séance est ouverte à 14 h 30 par M. W. Van Impe, Directeur, assisté de Mme Y. Verhasselt, Secrétaire perpétuelle.

Sont en outre présents : MM. J. Charlier, E. Cuypers, J. De Cuyper, P. De Meester, R. Leenaerts, W. Loy, J. Michot, H. Paelinck, R. Sokal, F. Thirion, R. Tillé, R. Wambacq, membres titulaires.

Ont fait part de leur regret de ne pouvoir assister à la séance : MM. L. André, P. Beckers, J.-M. Charlet, J. Debevere, H. Deelstra, L. Dejonghe, D. Demaiffe, G. Demarée, A. Deruyttere, J.-J. Droesbeke, P. Goossens, A. Lejeune, J. Marchal, L. Martens, R. Paepe, J. J. Peters, J. Poesen, J. Roos, T. Van Frachen.

«Kwaliteit in de Bouwsector — een controversieel onderwerp»

M. D. Goossens, «SECO-Technisch Controlebureau voor het Bouwwezen», présente une communication intitulée comme ci-dessus.

MM. R. Sokal, R. Leenaerts, E. Cuypers, H. Paelinck, J. De Cuyper et W. Van Impe prennent part à la discussion.

MM. E. Cuypers et P. De Meester sont désignés en qualité de rapporteurs pour cette étude.

Nominations

Par arrêté royal du 4 octobre 2001, MM. J.-M. Charlet et G. Demarée ont été nommés membres titulaires.

Honorariat

Par arrêté royal du 4 octobre 2001, MM. P. De Meester, W. Loy et H. Paelinck, membres titulaires, ont été promus à l'honorariat.

Par arrêté ministériel de 4 octobre 2001, MM. G. Bueno Ziri6n et D. Villalta, membres correspondants, ont été promus à l'honorariat.

Pr6sence aux s6ances

Depuis janvier 2001, les s6ances de Classe se tiennent le dernier jeudi du mois au lieu du vendredi. L'exp6rience ne s'av6rant gu6re concluante, un Confr6re propose qu'6 la place du jeudi apr6s-midi, les s6ances aient lieu le m6me jour, mais en matin6e (entre 10 h et 12 h). Les membres seront contact6s afin de conna6tre leur pr6f6rence 6 ce sujet.

Klasse voor Technische Wetenschappen

Zitting van 29 november 2001

(Uittreksel van de notulen)

De zitting wordt om 14 u. 30 geopend door de Heer W. Van Impe, Directeur, bijgestaan door Mevr. Y. Verhasselt, Vast Secretaris.

Zijn bovendien aanwezig : de HH. J. Charlier, E. Cuypers, J. De Cuyper, P. De Meester, R. Leenaerts, W. Loy, J. Michot, H. Paelinck, R. Sokal, F. Thirion, R. Tillé, R. Wambacq, werkende leden.

Betuigden hun spijt niet aan de zitting te kunnen deelnemen : de HH. L. André, P. Beckers, J.-M. Charlet, J. Debevere, H. Deelstra, L. Dejonghe, D. Demaiffe, G. Demarée, A. Deruyttere, J.-J. Droesbeke, P. Goossens, A. Lejeune, J. Marchal, L. Martens, R. Paepe, J. J. Peters, J. Poesen, J. Roos, T. Van Frachen.

Kwaliteit in de Bouwsector — een controversieel onderwerp

De Heer D. Goossens, SECO-Technisch Controlebureau voor het Bouwwezen, stelt een mededeling voor getiteld als hierboven.

De HH. R. Sokal, R. Leenaerts, E. Cuypers, H. Paelinck, J. De Cuyper en W. Van Impe nemen aan de bespreking deel.

De HH. E. Cuypers en P. De Meester worden als verslaggevers voor deze studie aangeduid.

Benoemingen

Bij koninklijk besluit van 4 oktober 2001 werden de HH. J.-M. Charlet en G. Demarée tot werkend lid benoemd.

Erelidmaatschap

Bij koninklijk besluit van 4 oktober 2001 werden de HH. P. De Meester, W. Loy en H. Paelinck, werkende leden, tot het erelidmaatschap bevorderd.

Bij ministerieel besluit van 4 oktober 2001 werden de HH. G. Bueno Ziri6n en D. Villalta, corresponderende leden, tot het erelidmaatschap bevorderd.

Aanwezigheid op de zittingen

Sedert januari 2001 worden de zittingen de laatste donderdag (i.p.v. vrijdag) van de maand gehouden. Omdat deze wijziging geen toeloop tot gevolg had, stelt een Confrater voor de zittingen op donderdagvoormiddag (i.p.v. namiddag), tussen 10 en 12 uur, te houden. Er zal met de leden contact worden opgenomen om hieromtrent hun voorkeur te kennen.

Certains pensent que l'Académie devrait se montrer plus directive en invitant fermement les membres continuellement absents à venir présenter un exposé dans un délai de six mois maximum.

Une autre suggestion concerne l'utilisation plus intensive du site Web de l'Académie.

Par ailleurs, l'organisation de séances communes est envisagée.

La séance est levée à 17 h.
Elle est suivie d'un Comité secret.

Sommigen zijn van mening dat de Academie hier kordater moet optreden door de steeds afwezige leden uitdrukkelijk uit te nodigen tot het geven van een lezing binnen een periode van maximum zes maanden.

Een andere suggestie betreft het intensiever gebruik van de Website van de Academie.

Overigens wordt overwogen meer gemeenschappelijke zittingen te organiseren.

De zitting wordt om 17 u. gegeven.
Zij wordt gevolgd door een Besloten Vergadering.

Classe des Sciences techniques

Séance du 20 décembre 2001

(Extrait du procès-verbal)

La séance est ouverte à 14 h 30 par M. F. Thirion, Vice-Directeur, assisté de Mme Y. Verhasselt, Secrétaire perpétuelle.

Sont en outre présents : MM. J.-M. Charlet, J. Charlier, E. Cuypers, H. Deelstra, G. Demarée, W. Loy, J. Michot, R. Paepe, F. Thirion, R. Tillé, membres titulaires ; MM. L. Dejonghe, U. Van Twembeke, membres associés.

Ont fait part de leur regret de ne pouvoir assister à la séance : MM. P. Beckers, J. Debevere, J. De Cuyper, P. De Meester, C. De Meyer, A. Deruytere, A. François, P. Goossens, A. Lejeune, J. Marchal, L. Martens, J. J. Peters, J. Poesen, J. Roos, A. Sterling.

Développement humain et accès aux télécommunications.

Pour une mesure de la fracture digitale

M. J. Charlier présente une communication intitulée comme ci-dessus.

MM. F. Thirion, U. Van Twembeke, W. Loy, L. Dejonghe, E. Cuypers, J. Michot, Mme Y. Verhasselt et M. H. Deelstra prennent part à la discussion.

La Classe décide de publier cette étude dans le *Bulletin des séances*.

La séance est levée à 16 h.
Elle est suivie d'un Comité secret.

Klasse voor Technische Wetenschappen

Zitting van 20 december 2001

(Uittreksel van de notulen)

De zitting wordt om 14 u. 30 geopend door de Heer F. Thirion, Vice-Directeur, bijgestaan door Mevr. Y. Verhasselt, Vast Secretaris.

Zijn bovendien aanwezig : de HH. J.-M. Charlet, J. Charlier, E. Cuypers, H. Deelstra, G. Demarée, W. Loy, J. Michot, R. Paepe, F. Thirion, R. Tillé, werkende leden ; de HH. L. Dejonghe, U. Van Twembeke, geassocieerde leden.

Betuigden hun spijt niet aan de zitting te kunnen deelnemen : de HH. P. Beckers, J. Debevere, J. De Cuyper, P. De Meester, C. De Meyer, A. Deruyttere, A. François, P. Goossens, A. Lejeune, J. Marchal, L. Martens, J. J. Peters, J. Poesen, J. Roos, A. Sterling.

„Développement humain et accès aux télécommunications. Pour une mesure de la fracture digitale”

De Heer J. Charlier stelt een mededeling voor getiteld als hierboven.

De HH. F. Thirion, U. Van Twembeke, W. Loy, L. Dejonghe, E. Cuypers, J. Michot, Mevr. Y. Verhasselt en de Heer H. Deelstra nemen aan de bespreking deel.

De Klasse beslist deze studie in de *Mededelingen der Zittingen* te publiceren.

De zitting wordt om 16 u. gegeven.
Zij wordt gevolgd door een Besloten Vergadering.

TABLE DES MATIERES — INHOUDSTAFEL

Communications scientifiques
Wetenschappelijke mededelingen

Séance plénière / Plenaire zitting 18.10.2001

F. THIRION. — Le renouveau des technologies traditionnelles	413
E. ROBBRECHT. — Biodiversiteitscrisis en DNA-technologie : uitdagingen voor de biologische systematiek anno 2001	439
Y. VERHASSELT. — Rapport sur les activités de l'Académie (2000-2001) / Verslag over de werkzaamheden van de Academie (2000-2001)	453

Classe des Sciences morales et politiques / Klasse voor Morele en Politieke Wetenschappen :

B. OVERLAET. — De Vroege IJzertijd in Luristan, West-Iran. Resultaten van vijftien jaar onderzoek door de „Belgische Archeologische Missie in Iran”	461
M. GRAULICH. — Les aspects multiples du cannibalisme aztèque	481

Classe des Sciences naturelles et médicales / Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen :

P. KOLSTEREN <i>et al.</i> — Reorganizing Child Health Services : Evidence for the New Millennium ?	501
D. GRODOS. — Le district sanitaire urbain en Afrique subsaharienne	521

Classe des Sciences techniques / Klasse voor Technische Wetenschappen :

M. EL TAYEB. — A Brief History of an Artificial River : the Great Man-made River Project in Libya	539
---	-----

Eloge — Lofrede

Annie DORSINFANG-SMETS	553
------------------------------	-----

Procès-verbaux — Notulen

Séance plénière du 18 octobre 2001 / Plenaire zitting van 18 oktober 2001	558 ; 559
---	-----------

Classe des Sciences morales et politiques / Klasse voor Morele en Politieke Wetenschappen :

Séance du 20 novembre 2001 / Zitting van 20 november 2001	562 ; 563
Séance du 11 décembre 2001 / Zitting van 11 december 2001	566 ; 567

Classe des Sciences naturelles et médicales / Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen :

Séance du 27 novembre 2001 / Zitting van 27 november 2001	568 ; 569
Séance du 18 décembre 2001 / Zitting van 18 december 2001	572 ; 573

Classe des Sciences techniques / Klasse voor Technische Wetenschappen :

Séance du 29 novembre 2001 / Zitting van 29 november 2001	574 ; 575
Séance du 20 décembre 2001 / Zitting van 20 december 2001	578 ; 579

