

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

Sous la Haute Protection du Roi

**BULLETIN  
DES SEANCES**

Publication trimestrielle

ISSN 0001-4176

Nouvelle Série  
Nieuwe Reeks

**41 (4)**

Année 1995  
Jaargang

**KONINKLIJKE ACADEMIE  
VOOR OVERZEESSE  
WETENSCHAPPEN**

Onder de Hoge Bescherming van de Koning



**MEDEDELINGEN  
DER ZITTINGEN**

Driemaandelijksse publikatie

## 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 handschriften 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 handschriften. Overdrukken hiervan kunnen op eenvoudige aanvraag bij het secretariaat bekomen worden.

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

Abonnement 1995 (4 num. + suppl.): 2 650 BEF

rue Defacqz 1 boîte 3  
B-1000 Bruxelles (Belgique)  
Compte bancaire 603-1415389-09  
de l'Académie

Defacqzstraat 1 bus 3  
B-1000 Brussel (België)  
Bankrekening 603-1415389-09  
van de Academie

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

Sous la Haute Protection du Roi

**ISSN 0001-4176**

Nouvelle Série  
Nieuwe Reeks

**41 (4)**

Année 1995  
Jaargang

**BULLETIN  
DES SEANCES**

Publication trimestrielle

**KONINKLIJKE ACADEMIE  
VOOR OVERZEESSE  
WETENSCHAPPEN**

Onder de Hoge Bescherming van de Koning

**MEDEDELINGEN  
DER ZITTINGEN**

Driemaandelijkse publikatie



**SEANCE PLENIERE DU 18 OCTOBRE 1995**

---

**PLENAIRE ZITTING VAN 18 OKTOBER 1995**

## Séance plénière du 18 octobre 1995

La séance plénière de rentrée de l'Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer a lieu au Palais des Académies à Bruxelles. Elle est présidée par M. F. de Hen, Président de l'Académie, entouré de M. I. Beghin, Vice-Directeur de la Classe des Sciences naturelles et médicales, M. R. Paepe, Directeur de la Classe des Sciences techniques, et Mme Y. Verhasselt, Secrétaire perpétuelle.

Le Président prononce l'allocution d'ouverture (pp. 511-514).

M. I. Beghin fait une lecture intitulée : «De la nécessaire globalité» (pp. 515-525).

M. R. Paepe fait ensuite un exposé intitulé «Hoeveel klimaatveranderingen trotseerde de Mensheid ?» (pp. 527-548).

La Secrétaire perpétuelle rend hommage à la mémoire des Confrères dont l'Académie a appris le décès au cours de l'année académique 1994-1995, à savoir MM. E. de Vries, P. Garnham, P. Benoit, F. Bultot, R. Geigy, G. Boné, J.-P. Harroy et F. Gatti. Elle donne ensuite lecture du rapport sur les activités de l'Académie en 1994-1995 (pp. 549-559).

Le Président lève la séance à 16 h 45.

## Plenaire zitting van 18 oktober 1995

De plenaire openingszitting van de Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen vindt plaats in het Paleis der Academiën te Brussel. Zij wordt voorgezeten door M. F. de Hen, Voorzitter van de Academie, omringd door M. I. Beghin, Vice-Directeur van de Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen, M. R. Paepe, Directeur van de Klasse voor Technische Wetenschappen, en Mevr. Y. Verhasselt, Vast Secretaris.

De Voorzitter spreekt de openingsrede uit (pp. 511-514).

M. I. Beghin houdt een lezing met als titel „De la nécessaire globalité” (pp. 515-525).

Daarna geeft M. R. Paepe een uiteenzetting over „Hoeveel klimaatveranderingen trotseerde de Mensheid ?” (pp. 527-548).

De Vast Secretaris brengt hulde aan de nagedachtenis van de Confraters van wie de Academie het overlijden tijdens het academiejaar 1994-1995 heeft vernomen, m.n. de HH. E. de Vries, P. Garnham, P. Benoit, F. Bultot, R. Geigy, G. Boné, J.-P. Harroy en F. Gatti. Zij geeft vervolgens lezing van het verslag van de werkzaamheden van de Academie tijdens het academiejaar 1994-1995 (pp. 549-559).

De Voorzitter heft de zitting om 16 u. 45.

## Liste de présence des membres de l'Académie

*Classe des Sciences morales et politiques* : Mme P. Boelens-Bouvier, MM. P. Collard, F. de Hen, P. de Maret, Mme A. Dorsinfang-Smets, MM. J. Everaert, A. Huybrechts, J. Jacobs, S. Kaji, E. Lamy, R.P. F. Neyt, MM. S. Plasschaert, P. Salmon, A. Stenmans, F. Van Noten, Mme Y. Verhasselt.

*Classe des Sciences naturelles et médicales* : MM. J. Alexandre, I. Beghin, J. Belot, E. Bernard, J. Boly, E. De Langhe, J. Delhal, M. Deliens, A. de Scoville, M. De Smet, J. D'Hoore, L. Eyckmans, A. Fain, J.-M. Jadin, D. Le Ray, H. Maraite, J.-C. Micha, H. Nicolaï, J. Rammeloo, M. Reynders, E. Robbrecht, E. Roche, A. Saintraint, L. Soyer, R. Swennen, J.-J. Symoens, C. Sys, P. Van der Veken, H. Vis, M. Wéry.

*Classe des Sciences techniques* : MM. Jean Charlier, E. Cuypers, J. De Cuyper, P. De Meester, C. De Meyer, H. Deelstra, J. Delrue, A. Deruytere, J. Feyen, Mgr L. Gillon, MM. G. Heylbroeck, A. Lederer, R. Leenaerts, L. Martens, H. Paelinck, R. Paepe, R. Sokal, F. Thirion.

*Ont fait part de leurs regrets de ne pouvoir assister à la séance* : MM. H. Baetens Beardsmore, J. Bouharmont, A. Cahen, J. Cap, Jacques Charlier, M. De Dapper, J. Debevere, R.P. J. Denis, M. V. Drachoussoff, Mme M. Engelborghs-Bertels, MM. C. Fieremans, P. Fierens, S. Geerts, P. Gigase, P. Goossens, J.-P. Gosse, Ph. Goyens, E. Haerincq, J. Jadin, J. Klener, A. Lawalrée, M. Lechat, M. Luwel, J. Marchal, J. Michot, J. Mortelmans, Mme F. Nahavandy, MM. J.-J. Peters, P. Raymaekers, R. Rezsóhazy, J. Roos, J. Ryckmans, J. Semal, G. Stoops, F. Suykens, D. Thys van den Audenaerde, E. Tollens, E. Van Ranst, E. Vandewoude, J.-L. Vellut, J. Vercruyse, U. Vermeulen, R. Winand.

## Aanwezigheidslijst van de leden van de Academie

*Klasse voor Morele en Politieke Wetenschappen* : Mevr. P. Boelens-Bouvier, de HH. P. Collard, F. de Hen, P. de Maret, Mevr. A. Dorsinfang-Smets, de HH. J. Everaert, A. Huybrechts, J. Jacobs, S. Kaji, E. Lamy, E.P. F. Neyt, de HH. S. Plasschaert, P. Salmon, A. Stenmans, F. Van Noten, Mevr. Y. Verhasselt.

*Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen* : de HH. J. Alexandre, I. Beghin, J. Belot, E. Bernard, J. Bolyn, E. De Langhe, J. Delhal, M. Deliëns, A. de Scoville, M. De Smet, J. D'Hoore, L. Eyckmans, A. Fain, J.-M. Jadin, D. Le Ray, H. Maraite, J.-C. Micha, H. Nicolai, J. Rammeloo, M. Reynders, E. Robbrecht, E. Roche, A. Saintraint, L. Soyer, R. Swennen, J.-J. Symoëns, C. Sys, P. Van der Veken, H. Vis, M. Wéry.

*Klasse voor Technische Wetenschappen* : de HH. Jean Charlier, E. Cuypers, J. De Cuyper, P. De Meester, C. De Meyer, H. Deelstra, J. Delrue, A. Deruyttere, J. Feyen, Mgr. L. Gillon, de HH. G. Heylbroeck, A. Lederer, R. Leenaerts, L. Martens, H. Paelinck, R. Paepe, R. Sokal, F. Thirion.

*Betuigden hun spijt niet aan de zitting te kunnen deelnemen* : de HH. H. Baetens Beardsmore, J. Bouharmont, A. Cahen, J. Cap, Jacques Charlier, M. De Dapper, J. Debevere, E.P. J. Denis, M. V. Drachoussoff, Mevr. M. Engelborghs-Bertels, de HH. C. Fieremans, P. Fierens, S. Geerts, P. Gigase, P. Goossens, J.-P. Gosse, Ph. Goyens, E. Haerincq, J. Jadin, J. Klener, A. Lawalrée, M. Lechat, M. Luwel, J. Marchal, J. Michot, J. Mortelmans, Mevr. F. Nahavandy, de HH. J.-J. Peters, P. Raymaekers, R. Rezsóhazy, J. Roos, J. Ryckmans, J. Semal, G. Stoops, F. Suykens, D. Thys van den Audenaerde, E. Tollens, E. Van Ranst, E. Vandewoude, J.-L. Vellut, J. Vercruyse, U. Vermeulen, R. Winand.



## Allocution d'ouverture — Openingsrede

par/door

F. DE HEN \*

Président/Voorzitter

Excellenties, Heren Voorzitters en Vast Secretarissen van de Koninklijke Academie, Heren Rectoren, Waarde Confraters, Dames en Heren,

Vooreerst wensn wij U in het bijzonder te danken voor Uw belangstelling en tevens voor Uw talrijke aanwezigheid op de academische openingszitting van onze Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen waar traditioneel de drie Klassen gezamenlijk zetelen.

Excellences, Messieurs les Présidents et Secrétaires Perpétuels des Académies Royales, Messieurs les Recteurs, Chers Conscœurs et Confrères, Mesdames et Messieurs,

J'ai l'honneur et le plaisir de vous souhaiter la bienvenue à cette séance plénière d'ouverture de notre Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer.

Misschien tegen de gewoonte in zou ik willen beginnen met te zeggen hoe blij ik ben dat we in Prof. Dr. Yola Verhasselt, de opvolger van onze vorige Vast Secretaris, Prof. Dr. Jean-Jacques Symoens, eens te meer iemand hebben gevonden die zich onvermoeid inzet voor het welzijn van onze Instelling. Zij kan daarvoor rekenen op bevoegd en toegewijd personeel. Ik dank hen allen voor de geleverde inspanningen die de werking van de Academie als een goed geoliede machine doen verlopen.

Au début du mois de septembre, l'ancien Premier Ministre des Pays-Bas, M. Lubbers, tint son discours d'inauguration de professeur de faculté à l'Université Catholique de Nimègue. Dans son allocution, il attira l'attention sur le fait que les frontières disparaissent, que la plupart des objets sont composés de pièces en provenance des quatre coins du monde — de préférence d'ailleurs du Tiers-Monde — et cela grâce aux communications électroniques mondiales. Il n'y a plus moyen d'échapper à cette société de communication électronique, ou faut-il dire cette société électronique de communication ?

La globalisation du monde actuel entraîne avec elle nombre de conséquences politiques, économiques et surtout sociales.

---

\* Président de l'Académie, rue Defacqz 1 boîte 3, B-1000 Bruxelles (Belgique). — Voorzitter van de Academie, Defacqzstraat 1 bus 3, B-1000 Brussel (België).

Les frontières sont vouées à disparaître, l'économie devient de plus en plus l'affaire de quelques sociétés multinationales qui dominent l'information et par conséquent, également la société. Bref, il se pourrait que la réalité donne raison à Aldous Huxley. Espérons que cette aliénation par l'électronique s'arrête là et que 1984 de George Orwell ne se réalisera pas avec quelques décennies de retard.

Een ander spookbeeld dat in de nieuwe maatschappij naast oorlogen, uitbuiting, drugsverslaving — overigens zeker ten dele het gevolg van gebrek aan menselijk contact — meer en meer naar voor komt is de vereenzaming van het individu met alle psychologische en sociale gevolgen vandien. Steeds meer mensen sluiten zich op in hun werkkamer met hun PC hetzij om meestal gewelddadige spelletjes te spelen, hetzij om te surfen, aan te kopen, enz. Men praat niet meer met de andere, men faxt. Men bezoekt geen musea meer, men doet aan *virtual reality*. Men gaat niet meer naar de bibliotheek, men surft naar de bibliotheek, men gaat niet langer naar de winkel, men bestelt per PC.

Heeft u overigens al eens de gebruikte terminologie beluisterd? *PC, e-mail, muds, mushes, bulletin bords, portable, printer, ...* Waar gaat onze taalbeheersing naartoe? Het gaat hier niet om het Frans, het Nederlands of het Engels, het gaat om de zuiver menselijke uitdrukkingwijzen.

Zeer onlangs ontving ik wat informatie i.v.m. een project over de informatiemaatschappij. De spottende inleiding van de brochure wil ik u niet onthouden: „Ik *navigeer* van *link* tot *link* over het *worldwide web*, *browse* door *hypertext*, doe mee aan *internet relay chatting* en ben actief in een handvol *Muds* en *Mushes*. *Usenets*, *bulletin bords* en *mailing lists* vullen mijn tijd. Ik lees en schrijf *HTMI*, verzamel informatie via *FTP* of *HTTP* en telnet er maar op los. Ik heb *e-mail* en *voice-mail* naast de telefoon en een fax. Werken en winkelen doe ik thuis, mijn psychiater zit *on-line*. Mijn *portable* zit aan een *GSM* en als ik even niets te doen heb, dan gebruik ik *video on demand*. Ik ga naar *cyberfuiven*, hou van *cyberpunk* en *log in* op *real-time* discussies. Maar van een informatiemaatschappij, daar heb ik nog niet veel van gezien.”

Tot zover.

Persoonlijk zou ik het accent hier anders leggen en zeggen: *van een informatiemaatschappij heb ik niet veel gezien*.

Dit alles klinkt zeer zeker negatief.

En toch geloof ik in de positieve mogelijkheden van de elektronische communicatie. Trouwens, deze tekst schreef ik op een tekstverwerker, dus...

Il y a nombre d'années déjà, feu le Chancelier allemand Konrad Adenauer commençait son discours au Bundestag en disant «Ich bin traurig, ich bin traurig, ich bin sehr traurig».

Il parlait de l'avenir de la société allemande des années 50-60.

En relisant les allocutions d'ouverture des années passées, je me suis rendu compte du fait que plusieurs fois le souci et même l'angoisse pour la société de demain revient. Mes prédécesseurs ont attiré l'attention sur la pauvreté croissante, les catastrophes naturelles ainsi que sur l'explosion démographique avec toutes ses conséquences tragiques. On pourrait y ajouter les crises économiques, les guerres criminelles et fratricides et le racisme toujours plus menaçant et dangereux. Et pourtant, Beethoven n'avait-il pas mis en musique ces mots formidables de Schiller : «Alle Menschen werden Brüder» ?

Assez de raisons donc pour devenir pessimiste. Cependant, chaque fois, mes prédécesseurs ont trouvé une note optimiste avant de conclure leur discours.

Ik heb me afgevraagd : kan dit ? Is het mogelijk om, ondanks alles, ondanks alle leed dat de mensheid dagelijks ondergaat, toch de moed er in te houden ?

Ik denk dat er een sprankeltje hoop is. Immers, in de maatschappij, waar ook ter wereld, is de breuk met het verleden nu totaal. Een volledig nieuwe aanpak moet nu gezocht worden. Heel voorzichtig weliswaar, om geen permanente of lang naslepende fouten te maken. We beschikken immers over niets om op terug te vallen of om onze ervaring aan te toetsen.

Globalisatie en een onpersoonlijke communicatiemaatschappij hebben zeker slechte kanten, maar ook goede. Als de wereld voortdurend kleiner wordt, als de grenzen verdwijnen, zal de haatcampagne van racisten hopeloos worden ; het zal geen zin meer hebben te zoeken naar de „eigen identiteit”, naar het „volkseigene” ; dat wordt dan een studiedomein van de etnohistoriek. We beleven hopelijk de laatste stuiprekkingen van het streven naar utopische eigenheid ten koste van de andere. Wat is overigens „eigenheid” ?

L'adaptation à cette société future sera certes difficile, car il s'est formé un abîme entre le monde d'hier et celui de demain et nous balançons *on the razor's edge*. Par ailleurs, la menace d'une catastrophe écologique rend le slogan de Hamlet, *to be or not to be*, bien actuel. L'avenir physique du monde est réellement en jeu.

Kan onze Academie bijdragen tot onze overlevingskansen en zo ja, hoe ? De middelen die ons ter beschikking staan zijn eerder beperkt. Daarom dring ik aan op steeds meer en intensere samenwerking met andere, soortgelijke instellingen in binnen- en vooral buitenland. Hoe meer internationale samenwerking, hoe minder kans dat leerling-tovenaars aan de macht komen.

Quitte à employer une phrase souvent usée et surtout abusée, j'ose dire que notre contribution multidisciplinaire doit être avant tout au service de la construction du monde de demain. Nous avons dans nos trois Classes le potentiel nécessaire pour étudier des problèmes de société et pour répondre aux questions posées par des tiers.

Afin de pouvoir déployer ce potentiel, l'Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer doit se tourner vers l'extérieur. Elle ne peut pas s'enfermer dans

une tour d'ivoire trop souvent identifiée avec le monde scientifique. Elle doit chercher à établir des contacts avec toute organisation, toute institution susceptible d'avoir besoin de notre expérience et de notre connaissance. Nous devons travailler à ce que l'Académie soit sollicitée par des organismes nationaux et internationaux pour les seconder dans leurs contacts avec les pays d'outre-mer. Je suis persuadé qu'un avis pondéré émis par notre Académie ne nuira jamais à une décision politique, bien au contraire...

Daarstraks citeerde ik wijlen Konrad Adenauer ; misschien zou men, na deze enkele overwegingen, een variatie kunnen aanbrengen door te zeggen : *Ich bin vielleicht doch nicht so ganz traurig.*

Hoop doet leven. Het nieuwe academiejaar kan dan toch optimistisch worden geopend.

## De la nécessaire globalité \*

par

I. BEGHIN \*\*

*Think globally, act locally.*  
René DUBOS

MOTS-CLES. — Développement ; Globalité ; Modèles ; Systèmes.

RESUME. — Il n'est guère contesté de nos jours que l'analyse des problèmes du développement doit se faire dans une perspective globale. Il est aussi généralement admis que tant la recherche de solutions à ces problèmes que l'application de ces solutions doivent tenir compte du contexte, c'est-à-dire des facteurs extérieurs qui peuvent en affecter les résultats. Or, entre le discours et la pratique, il y a un fossé considérable : combien de programmes et de projets n'observe-t-on pas, qui sont «verticaux», «interventionnistes», «sélectifs» — bref, qui ne répondent pas à l'exigence de globalité ? L'auteur examine le concept de globalité, ses implications et les raisons des résistances observées ; il s'efforce de reconnaître les limites de cet impératif ; enfin, il émet quelques considérations sur son application aux travaux de notre Académie.

SAMENVATTING. — *Over de noodzakelijke globaliteit.* — Er bestaat tegenwoordig nauwelijks twijfel over dat de analyse van de ontwikkelingsproblemen moet gebeuren vanuit een globaal perspectief. Er wordt ook algemeen aangenomen dat zowel het onderzoek naar oplossingen voor deze problemen als het toepassen van deze oplossingen moeten rekening houden met de context, met name de externe factoren die de resultaten kunnen beïnvloeden. Maar tussen de theoretische uiteenzetting en de praktijk bestaat er een diepe kloof : hoeveel programma's en projecten zijn er niet die „verticaal” zijn, „interventionistisch” of „selectief”, kortweg die niet beantwoorden aan de eis van globaliteit ? De auteur onderzoekt het concept „globaliteit”, de consequenties ervan en de redenen waarom men ertegen gekant is ; hij probeert de grenzen van deze imperatief te onderkennen en ten slotte brengt hij enkele beschouwingen rond de toepassing ervan op het werk van onze Academie.

SUMMARY. — *About the Necessary Comprehensiveness.* — Nowadays there is hardly any doubt that the development issues should be analysed from a comprehensive angle. It is also a generally accepted fact that the search for solutions to these issues as well as the application of these solutions should take the context into account,

\* Lecture faite à la séance plénière du 18 octobre 1995. Texte reçu le 13 février 1996.

\*\* Vice-Directeur de la Classe des Sciences naturelles et médicales ; Inst. Méd. trop. Prince Léopold, Nationalestraat 155, B-2000 Antwerpen (Belgique).

i.e. the external factors which can influence the results. But between theory and practice there is a huge gap : how many programmes and schemes are there which are "vertical", "interventionist", "selective" — in short which do not meet the requirements of comprehensiveness ?

The author goes into the concept of comprehensiveness, its implications and the reasons for the opposition met with ; he tries to realize the limits of this requirement ; finally he makes a few suggestions about its application to the work of our Academy.

### Le problème

La nécessité d'aborder les questions du développement dans une perspective globale n'est guère contestée de nos jours. On admet très généralement que tant l'analyse des problèmes de développement que la recherche et le choix de solutions, doivent satisfaire à l'exigence de globalité.

Or, ce qu'on peut observer dans la pratique est bien différent. Il existe un fossé entre le discours et la réalité, fossé dont nous voudrions à la fois examiner la nature et les causes, et que nous souhaiterions aider à combler.

Les grands dictionnaires [1] \* concordent sur le sens à donner au terme de globalité. Celle-ci est définie comme le fait de voir les choses dans leur ensemble, sans entrer dans le détail ; tenir compte du contexte ; considérer, à propos d'une situation ou d'un phénomène à étudier ou d'un problème à résoudre, le cadre qui l'englobe. Plus spécifiquement, dans le cas du développement, voir chaque partie en fonction du tout, ne pas isoler une question particulière de son contexte, ne pas adopter d'attitude «interventionniste» ou «verticale».

On a souvent oublié — ou encore n'a-t-on pas toujours compris — que l'exigence de globalité n'interdit en rien une analyse détaillée, systématique et en profondeur de l'objet d'étude ou de réflexion : l'anatomiste peut procéder à une dissection minutieuse sans pour autant perdre une vision ou une appréhension globale du corps humain. De même, des cartes à échelle différente sont complémentaires, de la plus générale à la plus détaillée : la globalité est respectée dans les deux cas.

Dans le domaine qui est ici le nôtre, le développement et les questions qu'il soulève, une vision globale permet de placer des situations, des événements ou des phénomènes particuliers dans un cadre plus général. Elle contribue ainsi à une meilleure compréhension de cette situation ou de cet événement, et par là même à la recherche de solutions pertinentes. Ce n'est pas un hasard si en anglais, global se dit «comprehensive» [2].

Si l'impératif de globalité est largement reconnu, il est en fait peu appliqué, avec des conséquences souvent néfastes et, dans certains cas, désastreuses. C'est le domaine de l'environnement qui nous en fournit les exemples les plus

---

\* Les chiffres entre crochets [ ] renvoient aux notes p. 523.

illustratifs : le barrage d'Assouan, le détournement des fleuves en ex-URSS et l'assèchement de la mer Caspienne, ou — moins dramatique — la propagation de la bilharziose dans les systèmes d'irrigation. En fait, l'absence de globalité dans l'analyse est un des grands facteurs responsables de l'échec des projets de développement.

De nombreux projets n'atteignent pas leurs objectifs, ou ont des effets pervers qui ne se manifestent parfois qu'à long terme, parce qu'on avait choisi des interventions sans effectuer au préalable une analyse globale couvrant l'ensemble des facteurs en cause. La difficulté d'assurer l'exigence de globalité constitue une des limitations les plus sévères de l'approche du développement dite «par projets». On est en droit de se poser la question : «Quel a été, en fin de compte, l'impact de l'aide au développement offerte sous forme de projets?».

Mais le manque de globalité n'exerce pas son influence néfaste seulement au niveau des projets. On retrouve celle-ci également dans les politiques de développement où domine une vision «interventionniste». Cette dernière correspond à une représentation du monde assez simpliste, en fait à une idéologie optimiste et confiante dans la technologie : «à tout problème il existe une réponse». Il suffit donc de bien analyser le problème, de choisir les techniques appropriées, de les appliquer avec les ressources et la persistance voulues. C'est ainsi qu'on a mis un homme sur la lune ou qu'on a éradiqué la variole. Mais le développement ne se prête pas à une vision aussi élémentaire. Dans les domaines auxquels je consacre ma vie professionnelle, la nutrition et la santé publique, les échecs ne se comptent plus : les centres de récupération nutritionnelle, techniquement efficaces (BEGHIN 1970), ne répondent absolument pas à la problématique nutritionnelle, pas plus que les distributions de supplément alimentaire à des groupes vulnérables — si ce n'est dans le cadre beaucoup plus large d'un ensemble de services fournis à la population (BEGHIN & VANDERVEKEN 1985).

Les soins de santé dits «sélectifs», qui ont eu leur période de mode, procèdent de la même idéologie interventionniste. A leur base se trouve l'idée de limiter les soins à quelques actions dont le coût-efficacité est très favorable, comme les vaccinations ou la généralisation de la réhydratation orale en cas de diarrhée (WALSH & WARREN 1979). Cette approche offre des avantages réels à court terme et est à l'origine du paquet GOBI [3] de l'UNICEF (GRANT 1985), auquel on a plus tard ajouté un F pour «Food», puis un autre F pour «Family planning», enfin un «Female», aboutissant — heureusement pendant peu de temps — au GOBI-FFF! Mais les bénéfices ne s'ajoutent pas. A long terme les coûts deviennent très élevés. Et si les maladies et la mortalité diminuent parfois de façon marquée, l'état nutritionnel et la santé ne s'améliorent guère. Et enfin on n'a pas pris en compte, comme dans les soins de santé dits «globaux», l'ensemble des problèmes de l'enfant, pris dans son contexte familial et communautaire (DE BETHUNE *et al.* 1986, BEGHIN 1976).

Ces caractéristiques, qui sont dans une plus ou moins grande mesure propres à tous les programmes «verticaux», se retrouvent, faut-il le dire, dans notre médecine européenne, spécialisée à l'extrême. Et c'est essentiellement en réaction à cet état de fait, et dans un souci d'assurer la globalité de la prise en charge du patient, que l'on peut observer dans nos pays la revalorisation du médecin généraliste.

### Les causes

Mais revenons aux pays en développement. Pourquoi y a-t-il un tel hiatus entre le discours et la réalité ?

Nous y voyons au moins trois raisons. La première est sans doute notre formation universitaire. Depuis la Renaissance, la tradition intellectuelle européenne a consisté à pousser l'analyse toujours plus loin et à dichotomiser le savoir, aboutissant ainsi à l'hyperspécialisation et au saucissonnage des connaissances. «Par la nature même de sa démarche, la méthode scientifique ne pouvait qu'entraîner un émiettement de la représentation du monde» (JACOB, F. 1981. *Le jeu des possibles*, page 2).

Joël DE ROSNAY, dans son «*Macroscopie*» (qui date déjà de 1975!), a très bien illustré cet émiettement et ses conséquences : après le microscope, de plus en plus performant, qui nous fait plonger dans l'infiniment petit, et le télescope qui nous emmène dans l'immense univers, nous avons besoin d'un **macroscopie**, un outil — intellectuel — qui nous permettra de voir les choses globalement.

Or la situation que nous affrontons est paradoxale. S'il est vrai que la culture occidentale a développé à l'extrême l'esprit d'analyse, la globalité trouve cependant ses racines dans la grande tradition du rationalisme. Descartes, dans son examen, passait du simple au compliqué, du général au particulier. Diderot, héritier de Descartes, concevait l'Encyclopédie comme un montage extrêmement recherché, une construction globale très structurée qui, grâce à des renvois innombrables d'une rubrique à l'autre, constituait un tout, et où globalité et détail se conjuguèrent harmonieusement (ENCYCLOPÉDIE 1984, 1967). On retrouve ces traits, plus près de nous, dans l'Encyclopédie Britannique.

François Jacob, que nous avons déjà cité, se situe dans la ligne directe de Descartes et de Diderot. Et comme lui, le Club de Rome — ou plus exactement le groupe de chercheurs du MIT, le Massachusetts Institute of Technology, qui avait préparé pour ce Club le fameux rapport sur «les limites de la croissance» (MEADOWS *et al.* 1972, DELAUNAY 1972). Nous y reviendrons plus loin. L'exigence de globalité est donc loin d'être neuve, et c'est en partie une dérive de notre tradition universitaire qui nous la fait parfois oublier.



Un deuxième élément qui gêne l'application de l'exigence de globalité est, sans aucun doute, la séparation des actions de développement selon des secteurs d'activité : la santé, l'agriculture, l'éducation, les ressources naturelles, les affaires sociales, etc. Cette séparation s'observe dans les ministères des pays en développement, et on la retrouve dans le partage des rôles entre les grandes agences internationales. Chaque secteur est jaloux de ses prérogatives et de son territoire, et est régi par des impératifs politiques et institutionnels particuliers qui favorisent des visions partielles et le tronçonnage de la réalité.

On peut aventurer une troisième explication, qui est l'accumulation d'expériences négatives de certains pays ou de certaines organisations, liées à des tentatives d'intervention globale mal conçues ou mal conduites : une planification trop intégrée, trop rigide, trop centralisée, ou encore des essais infructueux de coordination multisectorielle de programmes et de projets.

### Parenthèse

Nous voudrions ici ouvrir une parenthèse. Elle concerne les nutritionnistes, qui sont venus très tôt au concept de globalité. Non pas par vertu particulière, mais parce qu'ils y ont été contraints par les faits. La première raison est que le domaine de la nutrition ne correspond à aucun des secteurs de l'administration publique que nous avons évoqués plus haut. Il n'existe pas de ministères de la nutrition, et les quelques tentatives faites pour en établir (en Inde ou au Pérou) n'ont guère eu de succès, et de toute façon elles ont été de courte durée. Et, fort heureusement, il n'existe pas d'organisation internationale de la nutrition — encore que périodiquement des tentatives soient faites dans ce sens. Le nutritionniste se trouve donc nécessairement obligé de recourir à plusieurs secteurs.

Mais une raison probablement encore plus importante explique pourquoi le nutritionniste a dû apprendre à être un «globaliste». C'est la nature même des problèmes nutritionnels, leur caractère multicausal. Et de fait, l'exigence d'analyse multicausale et de solutions multisectorielles est reconnue depuis longtemps. Dans les années 1950-1960, l'OMS, la FAO et l'UNICEF lançaient les PINA — Programmes Intégrés de Nutrition Appliquée ; une ou deux décennies plus tard venait l'heure de la planification multisectorielle, dont une conférence à Berkeley devait sonner le glas (Joy 1978) ; enfin, plus récemment, c'est à des nutritionnistes qu'on doit le développement de modèles causaux et opérationnels pratiques, et aujourd'hui appliqués à des domaines très variés du développement [4].

Notre parenthèse sur le rôle pionnier des nutritionnistes se ferme ici. Elle nous servira d'introduction à une considération des remèdes possibles.

### Les remèdes possibles

Cette troisième partie aborde la question : «Comment rendre effective, dans la pratique du développement, l'exigence de globalité ? Comment **opérationnaliser** cet impératif ?».

Une première réponse générale a été proposée : **l'approche systémique**. Le lecteur se souviendra de l'immense impact des travaux du Club de Rome, et du livre commandité par ce dernier : «The Limits of Growth» (MEADOWS *et al.* 1972). Les auteurs s'y livrent à une audacieuse simplification : ils ramènent le système mondial à cinq variables et, au moyen de simulations, suivent divers scénarios. Ils ne prétendent pas prédire, mais souhaitent fournir une base à la réflexion et créer une conscience de la nécessité de limiter la croissance économique. Les événements devaient leur donner raison : la crise du pétrole suivrait peu de temps après. Si leur modèle mondial (le *World Model*) n'est pas pratique, cet exercice a au moins eu une influence considérable sur les idées, et a mis sur le devant de la scène les immenses possibilités de l'approche par systèmes.

L'histoire de ces travaux est intéressante. Elle est relatée dans l'adaptation française, préparée par DELAUNAY (1972) et est racontée de façon très vivante par DE ROSNAY, dans son «Macroscope» déjà cité (1975). Ces travaux dérivent de ceux de Forrester au MIT, qui étaient basés sur le concept de système et sur un appel conscient et délibéré à l'interdisciplinarité. Ces recherches sont à la base du développement ultérieur de domaines aussi divers que l'économie ou l'épidémiologie (modèles économétriques ou épidémiométriques), la météorologie, la géographie, etc.

Dans le domaine du développement, si l'on se place d'un point de vue pratique, cette approche souffre de très sérieuses limitations. Le nombre de variables à considérer est extrêmement élevé, beaucoup d'entre elles sont difficiles à quantifier ou à mesurer, les relations qui les unissent sont souvent mal connues. Même lorsqu'on peut théoriquement rassembler des chiffres suffisamment précis, fiables et représentatifs, le coût d'une telle collecte est souvent prohibitif (qu'on pense au coût, dans un autre domaine, de la collecte des innombrables données météorologiques utilisées dans la prévision du temps).

Nous avons nous-mêmes, vers le milieu des années 70, avec R. Stickney et d'autres (STICKNEY *et al.* 1976, BEGHIN 1975), essayé d'appliquer l'analyse de système à la nutrition. Notre conclusion a été qu'en fin de compte ces opérations étaient trop coûteuses, notamment en temps, et nous les avons abandonnées.

Le concept de système reste cependant un acquis fondamental qui est devenu indispensable, même s'il s'applique à un niveau très élémentaire. Il est intimement lié à la globalité.

Une deuxième réponse générale est **l'approche causale**, suivie d'ailleurs souvent de l'application de l'approche systémique.

L'idée de base est de procéder à une analyse globale des causes ou déterminants d'un problème de développement avec la participation de tous les intervenants ou «acteurs», y compris des représentants des bénéficiaires et des travailleurs périphériques (ces derniers sont ceux qui fournissent directement des services à la population : infirmiers, instituteurs, agents de vulgarisation agricole, animateurs ruraux, etc.). Il existe une méthode simple, souple et participative pour construire un «modèle causal» adapté à la situation et aux objectifs qu'on poursuit (BEGHIN 1986). Cette méthode est tout à fait au point et est largement utilisée.

Une combinaison de plusieurs modèles construits sur place permet :

- D'identifier des interventions pertinentes **dans le contexte considéré** ;
- De rendre explicites les hypothèses qu'on formule sur les mécanismes en vertu desquels les efforts de développement devraient aboutir aux résultats attendus ;
- D'identifier les facteurs externes susceptibles d'influencer les opérations et/ou les résultats (c'est-à-dire des variables «confondantes» ou «modificatrices d'effet» lors de l'analyse statistique (RAMOS & BEGHIN 1992).

Notre équipe de l'Unité de nutrition de l'Institut de Médecine tropicale a acquis une expérience vaste et diversifiée dans ce domaine : dans le contexte d'un programme de recherche d'abord, lors d'applications ensuite. La recherche, étalée sur la période 1985-1995, a été effectuée aux Philippines (EUSEBIO *et al.* 1990, BEGHIN *et al.* 1989) et au Brésil (RAMOS 1992) avec des chercheurs de ces pays et des Pays-Bas, et a bénéficié d'une aide financière de l'Union Européenne (programmes STD 1, STD 2 et STD 3). Les applications — qui ont démontré la souplesse de l'approche — ont intéressé une quinzaine de projets de développement. La moitié de ces projets étaient financés par le FIDA (Fond International pour le Développement Agricole), avec des ressources du Fond belge de Survie.

En fait, cette approche, que nous avons décrite dans un Guide d'évaluation (LEFEVRE & BEGHIN 1991), part largement des mêmes présupposés que le *Logframe* de l'USAID (1980), et elle est sous-jacente dans la méthode de planification ZOPP utilisée par la coopération allemande (elle-même dérivée d'ailleurs du *Logframe* américain (GTZ 1987). En Belgique, l'AGCD utilise le PIPO, une traduction légèrement adaptée du ZOPP allemand.

Les raisons pour lesquelles nous avons tenu à mener une recherche indépendante des méthodes utilisées par ces grandes organisations est qu'il nous a semblé que ces méthodes pèchent par un excès de formalisme, une réflexion insuffisante avant le remplissage des formulaires, une très grande rigidité, et l'absence ou la faible présence de participation réelle. Or précisément, la participation est un des facteurs qui contribuent puissamment à assurer la globalité.

Notre approche est beaucoup plus générale et beaucoup plus souple, et elle répond aux critiques émises ci-dessus. En outre, elle n'est en rien incompatible avec le *Logframe*, le ZOPP ou le PIPO, mais elle devrait **précéder** ces derniers.

Cette approche a été appliquée au diagnostic — nutritionnel ou autre — d'une situation (BEGHIN *et al.* 1988), à l'évaluation d'interventions complexes (LEFEVRE & BEGHIN 1991) et à la planification ou replanification de projets (RAMOS *et al.* 1991). A l'origine, il s'agissait d'interventions nutritionnelles, mais très rapidement l'application s'est étendue à des projets de développement rural, de médicaments essentiels, de santé, etc. Notre expérience a surtout porté sur des projets : nous n'en avons pas encore suffisamment auprès de programmes ou de stratégies globales de développement.

Ce qui ne fait cependant aucun doute, c'est d'abord que l'acceptation de l'approche par les «acteurs» qui y ont été exposés est excellente — nous n'avons pas eu une seule exception — et qu'ensuite elle répond bien à la question : «Comment rendre opérationnelle l'exigence de globalité ?».

En résumé :

- L'exigence de globalité, quoique hautement proclamée, cède souvent la place à une approche morcelée du développement (*piece meal approach*) ;
- Durant les quinze dernières années des progrès méthodologiques substantiels ont permis de traduire dans les faits le concept de globalité, de le rendre opérationnel ;
- Plus précisément, on dispose aujourd'hui d'outils performants et très bien acceptés pour assurer la globalité de la planification et de l'évaluation d'actions de développement. Il est probable — mais cela reste à démontrer — que ces outils seront tout aussi efficaces auprès de programmes et de politiques de développement.

Une note de prudence s'impose cependant : si la globalité est souvent nécessaire, elle n'est pas indispensable dans tous les cas : cela peut dépendre de l'échelle à laquelle on travaille. Si l'on possède une vision globale à grande échelle, on peut souvent se contenter d'une vision plus détaillée à petite échelle. Ce qu'il faut, en définitive, c'est que, soit au niveau où l'on travaille, soit à un niveau plus élevé, l'exigence de globalité soit respectée.

### Implications possibles pour les travaux de l'Académie

Notre Académie est particulièrement bien placée pour promouvoir le principe de globalité dans ses travaux. Elle possède à cet égard des atouts importants. Sa multidisciplinarité d'abord, au sein de chaque Classe comme entre les Classes. Cette multidisciplinarité — ou mieux encore, **l'interdisciplinarité** — est une condition nécessaire de la globalité, mais elle n'est pas suffisante.

Un deuxième atout est l'existence d'une tradition de globalité (malgré quelques trébuchements : certains symposiums ou certaines communications hyper-spécialisées n'ont pas leur place dans notre maison, indépendamment de leurs mérites et de leur qualité scientifique).

On peut y ajouter le caractère national (ou multicommunautaire ?) de la structure et des travaux de l'ARSOM, et aussi la diversité des membres comme celle de leurs expériences de terrain.

Tout cela, me semble-t-il, devrait être préservé, et nous devrions sans doute garder à l'esprit plus explicitement l'impératif de globalité lorsque nous recrutons de nouveaux membres, que nous choisissons des thèmes de symposiums ou des sujets de communication à nos classes et que nous attribuons des prix.

#### NOTES

- [1] Voir par exemple Robert 1970, 1993 ; Webster 1991 ; Oxford 1992 ; Diccionario 1986 ; Buarque de Holanda 1986 ; Van Dale 1994.
- [2] Inversement, le terme anglais «global» se traduit en français par «à l'échelle du globe, mondial».
- [3] Growth monitoring / Oral rehydration / Breastfeeding / Immunization (soit surveillance de la croissance, réhydratation orale, allaitement maternel et vaccination).
- [4] Ces nutritionnistes comprennent, entre autres, l'équipe de l'Unité de nutrition de l'Institut de Médecine tropicale d'Anvers (BEGHIN 1986, BEGHIN *et al.* 1988).

#### REFERENCES

- BEGHIN, I. 1970. Nutritional rehabilitation centres in Latin America : a critical assessment. — *Am. J. Clin. Nutr.*, **23** (11) : 1412-1417.
- BEGHIN, I. 1975. Treatment of and rehabilitation from malnutrition : is the time ripe for systems analysis ? — *In* : Nutrition, Mexico, 1972. Vol. 4, Basel, Switzerland S. Karger, pp. 218-224.
- BEGHIN, I. 1976. Improving nutrition at the local level. UNICEF. — *Carnets de l'Enfant/Assignment Children*, **35** : 1-24.
- BEGHIN, I. 1986. L'approche causale en nutrition. — *In* : LEMONNIER, D. & INGELBEECK, Y. 1986, La malnutrition dans les pays du Tiers-Monde. INSERM, Série Colloque 1986, n° 136, Paris, pp. 615-628.
- BEGHIN, I., CAP, M. & DUJARDIN, B. 1988. Guide pour le diagnostic nutritionnel. OMS, Genève.
- BEGHIN, I. & VANDERVEKEN, M. 1985. Les programmes nutritionnels. Chapitre 4. — *In* : VALLIN, J. & LOPEZ, A. (éds), La lutte contre la mort. Institut National d'Etudes Démographiques (INED). Presses Universitaires de France, Paris, pp. 77-98.
- BEGHIN, I. *et al.* 1989. Development of a methodology for selection, formulation and evaluation of interventions aimed at improving nutrition of the rural poor. Research Projects — Summaries of the Final Reports. 1st Programme 1983-1986.

- Medicine, Health and Nutrition in Tropical and Subtropical Areas. Commission of the European Communities DG XII/G-4; — Science and Technology for Development, Brussels.
- BUARQUE DE HOLANDA, F. 1986. Novo Dicionário Língua Portuguesa, 2<sup>a</sup> Ed., Ed. Nova Fronteira, Rio de Janeiro.
- DE BETHUNE, X. *et al.* 1986. Rapport du séminaire sur les soins de santé primaires et leur alternative, les activités sélectives sur l'état de santé. — Health and Community, Working Paper No. 13, Institut de Médecine Tropicale, Anvers.
- DELAUNAY, J. 1972. Halte à la croissance : enquête sur le Club de Rome, et MEADOWS, D. L., RANDERS, J. & BEHRENS, III W.W. Rapport sur les limites de la croissance. Collection Ecologique, Fayard, Paris.
- DE ROSNAY, J. 1975. Le microscope. Le Seuil, Paris.
- DICCIONARIO DE LA LENGUA ESPAÑOLA. Real Academia Española 1986. 18<sup>a</sup> Ed., Madrid.
- ENCYCLOPÉDIE. Un Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers, publié sous la direction de Diderot. Extraits (1967). Bordas, Paris.
- EUSEBIO, J., BEGHIN, I., VAN DER STUYFT, P., KUSIN, J., GREINDL, I., REDONDO, S., DACANAY, E. & DACANAY, R. 1990. Evaluation of impact of Barangay (village) integrated development approach for nutrition improvement (Bidani) of the rural poor. Food and Nutrition Planning newsletter (Los Banos, Philippines), ii (2).
- GRANT, J. 1985. The state of the World's children 1985. — UNICEF, Oxford University Press.
- GTZ 1987. Zielorientierte Projektplanung : ZOPP. An introduction to the method. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit. GmbH Eshborn.
- JACOB, F. 1981. Le jeu des possibles. Fayard, Paris.
- Joy, L. (ed.) 1978. Nutrition planning : the state of the art. — Guildford UK, IPC Science and Technology Press.
- LEFEVRE, P. & BEGHIN, I. (eds.) 1991. Guide to comprehensive evaluation of the nutritional aspects of projects and programmes. — Working Paper No. 27. Institut de Médecine Tropicale, Anvers.
- L'ENCYCLOPÉDIE. Un Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers. Textes choisis (1984), Editions Sociales, Paris.
- MEADOWS, D. H., MEADOWS, D. L., RANDERS, J. & BEHRENS III W. 1972. The Limits to Growth. Potomac, Washington D.C.
- OXFORD 1992. The Concise Oxford Dictionary (1992). English edition, Clarendon Press, Oxford.
- RAMOS, C. P., EUSEBIO, J. S., DACANAY, R. & LANTICAN, L. 1991. Application of a new methodology for comprehensive planning and evaluation of nutrition-oriented development programmes at local level. — *In* : Proceedings of the 6th Asian Congress on Nutrition : pp. 546-551.
- RAMOS, L. 1992. Evaluation of nutrition related interventions in Brazil : a methodological contribution. Thèse de doctorat, Université de Gand.
- RAMOS, L. & BEGHIN, I. 1992. Le «modèle dynamique», un outil dans l'évaluation globale d'interventions nutritionnelles. Montpellier : Cinquièmes Journées Scientifiques Internationales du GERM (22-27 novembre 1992) (résumé).
- ROBERT, P. 1970. Dictionnaire alphabétique et analogique de la langue française, Société du nouveau Littré, Paris.

- ROBERT, P. 1993. Le nouveau Petit Robert. Dictionnaires Le Robert, Paris.
- STICKNEY, R. E., BEGHIN, I. D., URRUTIA, J. J., MATA, L. J., ARENALES, P., HABICHT, J. P., LECHTIG, A. & YARBROUGH, C. 1976. Systems analysis in nutrition and health planning : approximate model relating birth weight and age to risk of deficient growth. — *Arch Latinoamer Nutr.*, **26** (2) : 177-201.
- USAID 1980. Design and evaluation of AID assisted projects, U.S. Agency for International Development, Washington DC.
- VAN DALE 1984. Handwoordenboek van hedendaags Nederlands, tweede druk, Van Dale Lexicografie. Utrecht/Antwerpen.
- WALSH, J. A. & WARREN, F. S. 1979. Selective primary health care : an interim strategy for disease control in developing countries. — *New Engl. J. Med.*, **18** : 967-974.
- WEBSTER 1991. Webster's Ninth New Collegiate Dictionary. Merriam Webster Inc. Publ. Springfield, Mass., USA.

## Hoeveel klimaatveranderingen trotseerde de Mensheid ? \*

door

R. PAEPE \*\*

TREFWOORDEN. — Fossiele mens ; *Global Change* ; Kwartairgeologie ; Paleoklimatologie.

SAMENVATTING. — De Mensheid heeft de laatste 15 Ma (miljoen jaren) ten minste vijf klimaatcycli doorlopen die elk in mindere of meerdere mate gekenmerkt waren door een gamma van afwisselingen van extreem koud/droge en extreem warm/vochtige klimaatomstandigheden die al dan niet met elkaar interfereerden. Tijdens de eerste cyclus van 15 Ma tot 5 Ma ontwikkelden hominiden als *Ramapithecus* zich tot volwaardige tweevoeters als *Australopithecus*. Tijdens de tweede cyclus van 5 Ma tot 2,4 Ma diversifieert *Australopithecus* zich in al zijn geledingen. Beide cycli verlopen tijdens de algemene afkoeling van het klimaat ingevolge de vorming van de Antarctische landijskap. De derde cyclus begint met de glaciatie van de noordelijke hemisfeer en de evolutie van *Australopithecus afarensis* Lucy rond 2,6-2,4 Ma die zich in verschillende takken zal splitsen, alle tussen 2,0 en 1,4 Ma. Ze zullen uitsterven na vijfendertig wisselende klimaatfasen, waaronder drie extreem lange koude, respectievelijk rond 2,4, 2,0 en 1,4 Ma, te hebben doorstaan. Hierop volgt *Homo erectus* die nogmaals een twintigtal wisselende klimaten, met inbegrip van twee extreem koude fasen rond 900 en 600 Ka (duizend jaren), zal moeten overleven. Hij wordt uiteindelijk gevolgd door *Homo sapiens neanderthalensis* vanaf omstreeks 700 Ka die weer eens een tiental klimaatwisselingen trotseert, waaronder twee extreem koude fasen rond de reeds genoemde van 600 Ka en de laatste van rond 200 Ka. *Homo sapiens neanderthalensis* bereikt de vierde cyclus van het laatste interglaciaal-glaciaal vanaf 127 Ka - 10 Ka en doorloopt acht klimaatwisselingen om rond 45 Ka opgevolgd te worden door *Homo sapiens sapiens* die eveneens nog vijf klimaatwisselingen zal doorlopen. De vijfde cyclus, ons huidige interglaciaal, van 10 Ka tot heden met in totaal twintig verschillende klimaatfasen, is ten slotte de snelle evolutie van de cultuurfasen van Mesolithicum, Neolithicum, Bronstijd en Historische Tijd gebonden aan de 2 500-jarige cyclus verweven met de droogtecyclus van 1 000 jaar. De Mensheid trotseerde dus in totaal een minimum van zeker 100 bekende klimaatwisselingen sinds Lucy (2,6 Ma). Met inachtname van alle interglaciale en interstadiale subcycli van de laatste 2,6 Ma kunnen dat in totaal 1 500 klimaatwisselingen worden.

\* Lezing gehouden op de plenaire zitting van 18 oktober 1995. Tekst ontvangen op 14 februari 1996.

\*\* Directeur van de Klasse voor Technische Wetenschappen ; Earth Technology Institute, Vrije Universiteit Brussel, Pleinlaan 2, B-1000 Brussel (België).



RESUME. — *Combien de changements climatiques l'Humanité a-t-elle bravés ?* — Depuis les derniers 15 Ma (millions d'années) l'Humanité a traversé au moins cinq cycles de changements climatiques qui furent caractérisés par une gamme de fluctuations climatiques froid/sec et chaud/humide pouvant interférer entre elles. Pendant le premier cycle de 15 Ma à 5 Ma, les hominidés tels *Ramapithecus* se développent en parfaits bipèdes tels *Australopithecus*. Pendant le deuxième cycle de 5 Ma à 2,4 Ma, *Australopithecus* continue à se diversifier. Un refroidissement général dû à la formation de la calotte glaciaire antarctique dominera pendant ces deux cycles. Le troisième cycle débute par la glaciation de l'hémisphère boréal et l'évolution d'*Australopithecus afarensis* Lucy vers 2,6-2,4 Ma dont plusieurs branches se développeront entre 2,0 Ma et 1,4 Ma. Ils disparaîtront après avoir subi 35 changements climatiques dont trois phases extrêmement longues et froides vers 2,4, 2,0 et 1,4 Ma successivement. Vient ensuite *Homo erectus* qui connaît une fois de plus une vingtaine de changements climatiques, y compris deux phases extrêmement froides vers 900 et 600 Ka (milliers d'années). Lui succédera enfin *Homo sapiens neanderthalensis* à partir de 700 Ka qui, tout en traversant une dizaine de changements climatiques, survivra aux phases froides de 600 et de 200 Ka. *Homo sapiens neanderthalensis* atteindra le quatrième cycle de 127 Ka à 10 Ka, affrontant 8 changements climatiques avant d'être remplacé à partir de 45 Ka par *Homo sapiens sapiens* qui traversera une fois encore 5 changements climatiques. Le cinquième cycle, notre interglaciaire actuel, depuis les derniers 10 Ka jusqu'à aujourd'hui, comprendra 20 changements climatiques au cours desquels les phases culturelles du Mésolithique, du Néolithique, de l'Âge du Bronze et de la Période historique se développeront. L'Humanité affrontera donc un minimum de 100 changements climatiques connus depuis Lucy (2,6 Ma). Toutefois, compte tenu des sous-cycles interglaciaires et interstadias des derniers 2,6 Ma, un chiffre total de 1 500 changements climatiques est une estimation possible.

SUMMARY. — *How Many Climate Changes Did Mankind Face ?* — For the last 15 Ma (million years), Mankind has gone through at least five cycles of climate changes which were characterized by a range of extreme cold/dry and warm/humid climate variations between which there could be interference. During the first cycle from 15 Ma until 5 Ma, hominids such as *Ramapithecus* developed into perfect bipeds such as *Australopithecus*. During the second cycle from 5 Ma until 2.4 Ma, *Australopithecus* kept on diversifying. A general cooling due to the development of the Antarctic ice cap prevailed for both these cycles. The third cycle started with the glaciation of the northern hemisphere and the evolution of *Australopithecus afarensis* Lucy around 2.6-2.4 Ma, several branches of them developed between 2.0 Ma and 1.4 Ma. They vanished after suffering 35 climate changes of which three extremely long and cold periods around 2.4, 2.0 and 1.4 Ma successively. Then came *Homo erectus* who again went through about twenty climate changes including two extremely cold periods around 900 and 600 Ka (thousand years). He was finally followed by *Homo sapiens neanderthalensis* from 700 Ka who, while going through about ten climate changes, survived the cold periods of 600 and 200 Ka. *Homo sapiens neanderthalensis* reached the fourth cycle from 127 Ka until 10 Ka and faced 8 climate changes before being replaced from 45 Ka onwards by *Homo sapiens sapiens* who went through 5 climate changes again. The fifth cycle, our present interglacial period, from the last 10 ka until today, included 20 climate changes during which the cultural phases of the Mesolithic, the Neolithic,

the Bronze Age and the historical times developed. Therefore Mankind has faced at least 100 known climate changes since Lucy (2.6 Ma). However, considering the interglacial and interstadial subcycles of the last 2.6 Ma, a total figure of 1500 climate changes does not seem excessive.

### Inleiding

Het Malthusianisme was het *fin de siècle* syndroom voor meer voedsel en levensruimte t.a.v. de bevolkingsaan groei op het einde van de vorige eeuw. Wordt het broeikas effect dat in deze *fin de siècle* de *global warming* controleert, nu het nieuwe *fin de siècle* syndroom ?

Inderdaad, de vraag blijft immers nog steeds onbeantwoord of men bij die *global warming* uitsluitend te maken heeft met een antropogene of met een natuurlijke opwarming. Aan een antropogene oorzaak kan eventueel verholpen worden, aan een natuurlijke niet. Zelfs wanneer de Nobelprijs Chemie begin oktober 1995 aan wetenschappers die zich bezig houden met de studie van het ozongat werd toegekend en ook eind oktober 1995 het IPCC (*International Panel for Climatic Coordination*) in haar aanvullend rapport op Rio 1992 aan de pers bevestigde dat meer dan tweeduizend klimatologen een consensus bereikt hadden om te bevestigen dat het broeikas effect gedeeltelijk door de menselijke activiteit in de laatste eeuw werd veroorzaakt en aldus voor een deel medeplichtig was aan de opwarming der aarde, blijft de vraag of men het probleem van de opwarming van Planeet Aarde in zijn causaliteit zal kunnen benaderen, laat staan in de bestrijding ervan.

De betere vraag zou dus kunnen zijn : wat is de menselijke impact op de natuurlijke cycli ?

Hierop zal ik enigszins trachten te antwoorden door :

1. Het mechanisme en de cycliciteiten van de geologische klimaatveranderingen van de laatste vijf miljoen jaren toe te lichten ;
2. De evolutie van de Mensheid in het licht van deze klimaatveranderingen over dezelfde periode door te nemen.

### Twee alarmkretten

De eerste alarmkreet in de jaren zestig was de zeespiegelstijging ; aanleiding was de stormvloed van 1 februari 1953. Na de berekening van de natuurlijke zeespiegelstijging van de laatste 10 000 jaren werden de gekste toekomstige zeespiegelstijgingen van 2,4 en zelfs meer dan 10 m in de loop van de 21ste eeuw voorspeld.

De tweede alarmkreet in de jaren zeventig was het broeikaseffect : het werd letterlijk de oorzaak van alle kwaad op aarde en in de hemel ; de opwarming van het aardoppervlak, de afbraak van de ozonlaag, de overstromingen, de verwoestijning en de zeespiegelstijging.

Inderdaad, de recente droogtefasen in agrarische gebieden zoals de Somalische Sahel sinds het begin van de jaren tachtig, het zuiden en midden van de Verenigde Staten sinds het begin van de jaren negentig en nu ook Europa sinds de zomer en de warme oktober/november-maanden in 1995, deden de alarmklok luiden. Water- en voedselvoorziening staan mondiaal op het spel voor de wereldbevolking. Er werd door de UNO al een *Decade of Natural Hazards* uitgeroepen.

Ook hier speelde men aanvankelijk met getallen van toename in de temperatuurstijging variërend van  $0,4^{\circ}$  tot  $0^{\circ}\text{C}$  die overeenkomstig abnormale waarden in de zeespiegelstijging opleverden. De grote schuldige in dit alles is het gehalte aan  $\text{CO}_2$  in de atmosfeer en er werden scenario's verzonnen over het verloop van het  $\text{CO}_2$ -gehalte en de temperatuurvariatie in de laatste eeuw sinds de eerste industriële revolutie.

### De natuurlijke klimaatcurves

De studie van de paleoklimaten vereist een noodzakelijke terugkeer naar het fundamentele onderzoek omdat de cycli die het broeikaseffect kunnen beheersen, zeer uiteenlopend van aard en zeer talrijk zijn. Fundamenteel is, zoals bij het opstellen van de natuurlijke zeespiegelstijgingscurven, het opstellen van natuurlijke klimaatcurves op basis van geologische proxy-data. Deze laatste zijn parameters afkomstig van analyses van geologische grondstalen van de meest uiteenlopende aard die eigenschappen van de atmosferische toestand uit het verleden conserveren en na behandeling terug reveleren.

In de reeks natuurlijke klimaatcurves zijn er twee types die momenteel het onderzoeksareaal domineren, namelijk :

1. Het onderzoek op diepzeeafzettingen en het landijs ;
2. Het onderzoek op geologische paleobodemmonsters.

#### HET ONDERZOEK OP DIEPZEEAFZETTINGEN EN OP HET LANDIJS

Sinds Emiliani in 1965 het principe van de stabiele-isotopenstudies voor de geologische klimaatveranderingen ontwikkelde en dit door N. Shackleton in 1973 met succes werd toegepast op de eerste diepzeeboringen, waaronder de fameuze V28-238, kon uit het diepzeeslik de afwisseling en de intensiteit van de koude/droge fasen en de warme/vochtige fasen alsmede de hoeveelheid van het landijs in zijn geheel, bepaald worden. Parallel hiermee werd de studie naar de stabiele-isotopenvariatie op het landijs (van Groenland en Antarctica)

door W. Dansgaard uitgevoerd. Via diepzee en ijs kwam men tot continue standaardclassificaties van de klimaatveranderingen in het Pleistoceen omdat in deze sequenties geen onderbrekingen staken.

#### HET ONDERZOEK OP GEOLOGISCHE PALEOBODEMMONSTERS

Sinds CERLING (1984) wordt dezelfde stabiele-isotopenstudie uitgebreid op fossiele bodems. Inderdaad, elke fossiele bodemlaag in de geologische laagsequentie onder een bepaald plantendek registreert : bosbestand of open steppe/grasland, de toestand van de atmosfeer. Een bodemsequentie van boven elkaar liggende bodemlagen geeft dus de verandering doorheen de tijd weer van het veranderende plantendek en tevens de verandering van het klimaat dat dit plantendek genereerde. Zo krijgen we een klimaatcurve op basis van geologische proxy-data zo genoemd omdat het geen exacte, doch benaderde waarden van parameters zijn.

#### De vier tijdreeksen

De studie van al deze verschillende klimaatcurves leverde vier tijdreeksen op die hierna uitvoerig besproken worden en als achtergrond voor de evolutie van de Mensheid zullen dienen.

Het tot dusver uitgevoerd vergelijkend onderzoek naar de paleobodemsequenties greep plaats rond het Noordzeebekken, het oostelijke Middellandse-Zeebekken, het loessgebied van China, Nepal en Bangladesh, Indonesië, Centraal-Afrika en de westelijke Afrikaanse rift. Het leverde dus de hogervermelde vier tijdreeksen op, met name de tweevoudige pre-kwartaire „ultra lange tijdreeks” voor het tijdinterval van 15 Ma [1] \* tot 2,4 Ma, en de drievoudige kwartaire tijdreeks (Fig. 1) onderverdeeld in de „lange tijdreeks” voor het tijdinterval van 2,4 Ma tot 127 Ka [2], de „middellange tijdreeks” voor het tijdinterval van 127 Ka tot 10 Ka en de „korte tijdreeks” voor het tijdinterval van de laatste 10 Ka, waarin bijzondere aandacht zal gaan naar de 1 000 jaar-cyclus.

De evolutie en overleving van de Mensheid doorheen de specifiek en drastisch veranderende klimaatomstandigheden van elke tijdreeks gebeurde dankzij haar aanpassing aan elke nieuwe leefwijze in nieuw leefmilieu. Klimaatveranderingen en de menselijke evolutie hielden sinds de laatste 15 Ma omzeggens gelijke tred. Er grepen ook heel wat belangrijke ingrijpende wisselingen van paleogeografische aard plaats die vooral met wijzigingen in de aardkorst te maken hadden.

---

\* De cijfers tussen haakjes [ ] verwijzen naar de noten, p. 548.

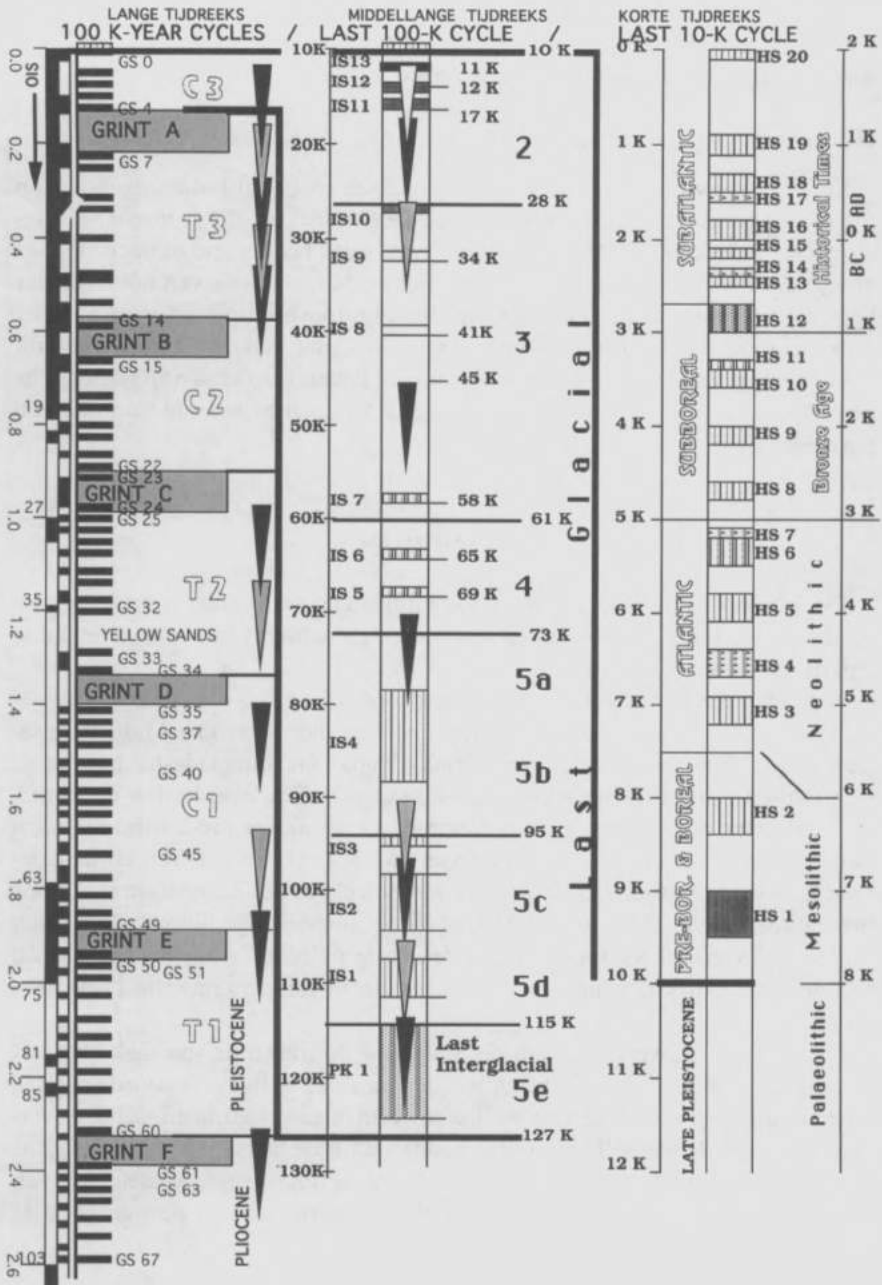


Fig. 1. — Kwartaire lange tijdreeks, middellange tijdreeks en korte tijdreeks.

## I. KLIMAATVERANDERINGEN EN MENSELIJKE EVOLUTIE VAN DE ULTRA LANGE TIJDREEKS

De ultra lange tijdreeks wordt in twee fasen verdeeld :

- De Pre-Kwartaire periode vanaf 15 Ma tot omstreeks 5 Ma (vanaf het begin Midden Mioceen tot het begin Pliocceen) ;
- De Pre-Kwartaire periode vanaf 5 Ma tot omstreeks 2,4 Ma (de periode van het Pliocceen).

*De Pre-Kwartaire periode vanaf 15 Ma tot omstreeks 5 Ma* (vanaf het begin Midden Mioceen tot het begin Pliocceen)

De voor ons belangrijke Pre-Kwartaire periode begint vanaf 15 Ma in het Midden Mioceen, bij de afscheiding van Antarctica van het Afrikaanse continent en waarbij het Oost-Antarctische landijs zich begint te vormen. Het klimaat over gans de wereld begint grondig af te koelen.

Vanaf ditzelfde tijdstip van 15 Ma geleden, zijn Hominiden als *Ramapithecus* in Europa bekend ; ze zijn tijdgenoten van *Kenyapithecus africanus* in Oeganda en in Oost-Afrika, *Gigantopithecus* in China en *Oligopithecus* in Italië. Het is het voorgeslacht van de Australopithecinae en van de Mens.

Rond 10 Ma, dus vijf miljoen jaren na de aanvang, is de Oost-Antarctische ijskap volledig gevormd en begint de groei van de West-Antarctische ijskap. Dit valt samen met de nieuwe sterke afkoeling en algemene verdroging van het wereldklimaat op het einde van het Mioceen. Voor wat de menselijke evolutie betreft, valt dit tijdstip samen met een duidelijke scheiding tussen de aapachtigen en de rechtoplopende tweevoeters die tevens al primitieve werktuigen gingen maken.

Vanaf 5,5-5,0 Ma, dus nog eens vijf miljoen jaren later, tijdens de overgang van het Mioceen naar het Pliocceen, gekenmerkt door nog eens een sterke afkoeling in het klimaat als gevolg van de volledige glaciatie van de West-Antarctische Ijskap, beheerst *Australopithecus* het wereldtoneel. Die afkoeling resulteert tevens in de aanvang van de uitdroging van de Middellandse Zee die zich verder zou doorzetten in het Pliocceen. Die is dan verder vooral een gevolg van het verdwijnen van de Straat van Gibraltar als zeeëngte ingevolge het stoten van de Afrikaanse Plaat tegen de Europese Plaat. In Ethiopië worden uit deze Vroeg-Pliocene periode de eerste kaakbeenderen van *Australopithecus* gevonden.

Tot besluit kan gesteld worden dat de evolutie van *Ramapithecus* tot *Australopithecus* zich voltrekt gedurende de totale vergletsjering van Antarctica en dus mondiale afkoeling van het Tertiaire Tropoïede Klimaat vanaf het Midden Mioceen tot het begin van het Pliocceen over een periode van 10 Ma in twee etappes van vijf miljoen jaren. Het is een langdurige evolutie waarin de gestadige verslechtering van het wereldklimaat eerder stimulerend dan uitstervend heeft gewerkt. Het verdwijnen van de weelderige vegetatie door de verdroging heeft blijkbaar bijgedragen tot het volledig rechtop lopen van de mens.

*De Pre-Kwartaire periode vanaf 5 Ma tot omstreeks 2,4 Ma* (de periode van het Plioceen) (Fig. 2)

Van 5,0-4,6 Ma heerst een relatief warm doch niet meer tropisch klimaat met als bosbestand het gemengd eikenwoud (*Quercetum mixtum*); onder dit bosbestand ontwikkelen zich de eerste rode bodems in loessachtige sedimenten zoals voorgesteld in de voorbeelden die hierna zullen gegeven worden van China, Griekenland, West-Europa en Centraal-Afrika.

Van 4,6-3,7 Ma wordt het geleidelijk koeler en graslanden en steppe breiden zich uit. Tegen het begin van de Gilbert negatieve polariteitszone (4,2 Ma) verschijnt de eerste soort *Australopithecus*, met name de *Australopithecus ramidus* (4,4 Ma), ten tonele. Hij wordt getuige van de bekende vulkaanuitbarsting van Olduvai die rond 4,0 Ma plaatsvindt. Een tijdgenoot, *Mesopithecus pentelicus Wagner*, is gesignaleerd in de rode-leemafzettingen van Pikermi (Attica/Griekenland) in de periode overeenstemmend met de zogeheten Messinian Salinity Crisis waarbij, zoals wij vroeger reeds aanhaalden, de Middellandse Zee uitdroogde.

Van 3,7-2,4 Ma wordt het klimaat stapsgewijs globaal kouder en droger :

- Rond 3,7 Ma had de West-Antarctische ijskap immers haar maximum-uitbreiding reeds bereikt. Van dezelfde periode dateren de fameuze uitgedroogde „Voetsporen van Laetoli” in de nabijheid van Olduvai die nu ook duidelijk het bewijs leveren van de reeds recht op lopende *Australopithecus* rond deze tijd.
- Rond 3,5 Ma start de glaciatie van Zuid-Amerika ingevolge de vergletsjering in Antarctica waarmee ze door de Andes verbonden is en die waarschijnlijk ook door de opheffing van de Andes zelf versneld wordt.
- Vanaf 3,3 Ma, bij het begin van de Gauss-positieve polariteitszone, wordt het klimaat weer eens duidelijk kouder. Het is merkwaardig dat *Australopithecus afarensis* Lucy (3,3-2,6 Ma), de moeder van de ontwikkeling der Mensheid tijdens het Kwartair, vanaf ditzelfde moment 3,3 Ma, in deze uiterst strenge levensomstandigheden tot ontwikkeling komt en tot 2,6 Ma in de Afar zal leven en zich stilaan dusdanig zal aanpassen aan de veranderende levensomstandigheden dat alle andere *Australopithecus species* zich hieruit verder zullen ontwikkelen.
- Vanaf 2,6 Ma zal haar opvolger *Australopithecus africanus* naar zuidelijk Afrika verhuizen waarschijnlijk wegens de verdere algehele verdroging en verkoeling van het klimaat op het einde van het Plioceen over de wereld in het algemeen en in het Afar-gebied in het bijzonder. Merkwaardigerwijze valt deze periode samen met de overgang van de Gauss-positieve naar de Matuyama-negatieve polariteitsperiode.

Het Plioceen is dus ontegensprekelijk het tijdvak waarin *Australopithecus* zich in versneld tempo gaat diversifiëren en waar tegen het einde ervan de volwaardige recht op lopende voorloper van de Mens volledig ontwikkeld was.

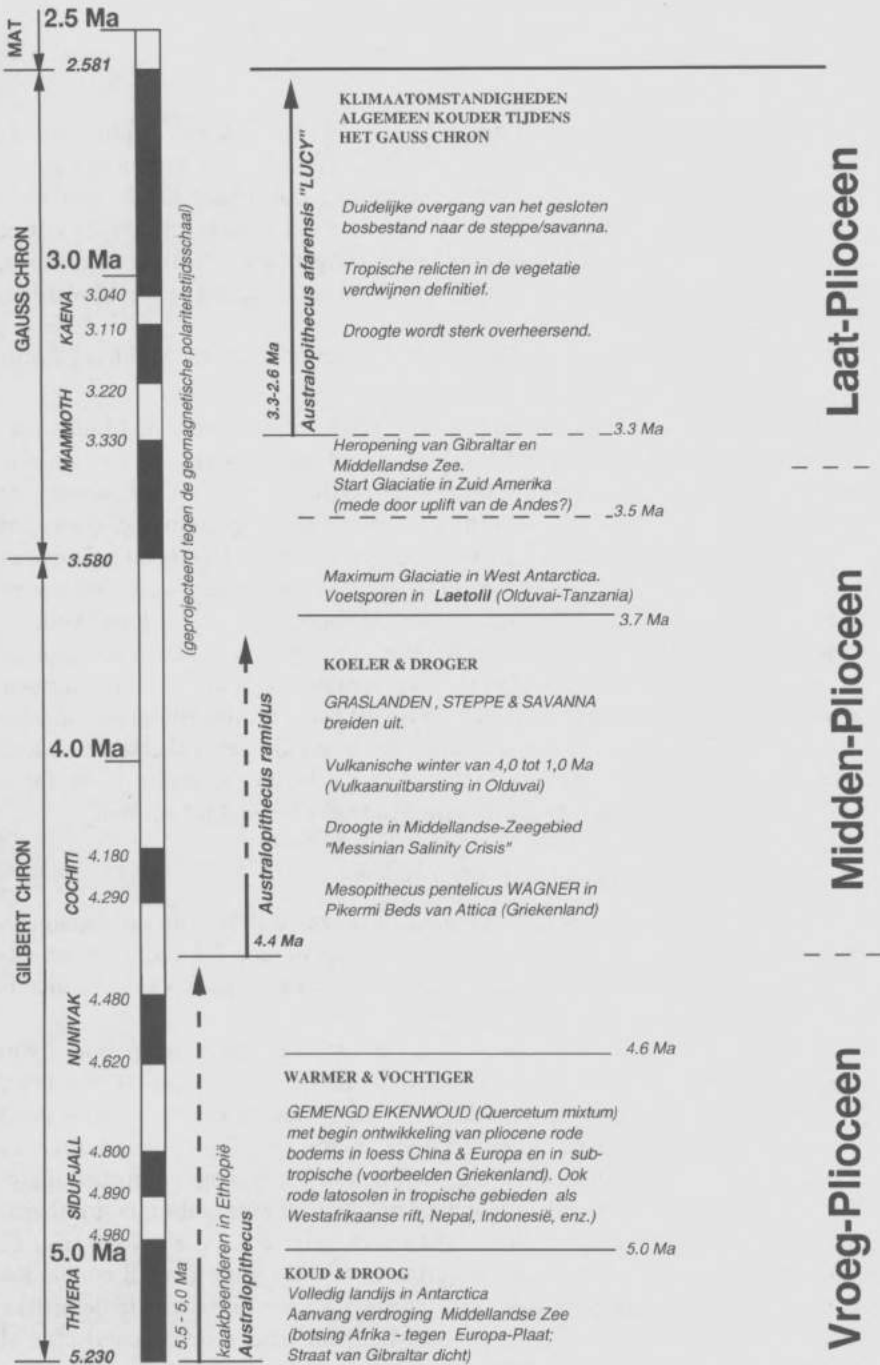


Fig. 2. — De klimaatveranderingen tijdens de ultralange tijdreeks 2.



## II. KLIMAATVERANDERINGEN EN MENSELIJKE EVOLUTIE VAN DE LANGE TIJDREKS

Intussen was het klimaat dusdanig verkoeld dat ook het landijs van de noordelijke hemisfeer vanaf 2,4 Ma zich zou beginnen vormen en zich periodisch om de 100 000 jaar in grote lobben van de polen naar het Zuiden spasmodisch in de tijd ging uitbreiden en weer terugtrekken. Tegenover de vorige periode was de frequentie van klimaatwisselingen dus ernstig toegenomen, doch ook de intensiteit van de koude pieken zou aanhoudend versterkt worden.

*De Kwartaire periode van 2,4 Ma tot 130 Ka* (het Beneden en Midden Pleistoceen) (Fig. 3)

Ook de overgang van de Gauss-positieve polariteitszone naar de Matuyama-negatieve polariteitszone rond 2,6/2,4 Ma wordt gekenmerkt door een plotse sterke afkoeling die zich blijft doorzetten gedurende geheel de Kwartaire periode bekend als het Pleistoceen. Die ijstijd wordt gekenmerkt door een sterke afwisseling van koud-droge (glacialen) en warm-vochtiger (interglacialen) fasen die het best tot uiting komen in de continue sequenties van afwisselend eolische leemafzettingen (loess) en roodachtige bodems. Het zijn loess/bodemkoppels die aan cycli van 100 Ka gebonden zijn. De afname in susceptibiliteit in de loess-lagen impliceert andermaal een veralgemeend streng koud klimaat alternerend met kortere periodes van 15 tot 10 Ka van opwarming met hogere susceptibiliteit. In totaal zijn er 24 zulke warm/koud fasen bekend tot heden. Evenwel zal de periode van de laatste 130 Ka hierna afzonderlijk en meer in detail bestudeerd en als de middellange tijdreeks aangeduid worden.

### *Regionale en wereldwijde global correlaties*

Tussen al die observaties in de verschillende gebiedsdelen van de wereld zijn regionale correlaties (geologische-lagenvergelijkingen) mogelijk zodat het wereldwijd synchroon karakter, zeg maar het *global change* aspect, van de klimaatveranderingen hieruit duidelijk kan afgeleid worden.

In de 2,4 Ma Lange Tijdreeks van het Pleistoceen zitten zes periodes van ongeveer 400 Ka waarin telkens vier loess/bodemsequenties van 100 000 jaren optreden. Zoals tevoren opgemerkt, zijn deze loess/bodemsequenties goed correleerbaar met de respectievelijk koude en warme diepzee-etages zoals ze uit diepzee-onderzoek bekend zijn. Zij worden in het geologisch profiel duidelijk herkend omdat ze van elkaar gescheiden zijn door evenveel super grintlagen die beginnen rond respectievelijk 2,4 Ma voor grint F, 2,00 Ka voor grint E, 1,32 Ma voor grint D, 980 Ka voor grint C, 670 Ka voor grint B en 200 Ka voor grint A. Die super grintlagen vertegenwoordigen lange koude desertieke fasen van nagenoeg 50 Ka lang die de Mensheid trotseerde en overleefde al dan niet met belangrijke fysische adaptaties maar in sommige gevallen ging een soort er ook aan ten onder. Dat zien we hierna.

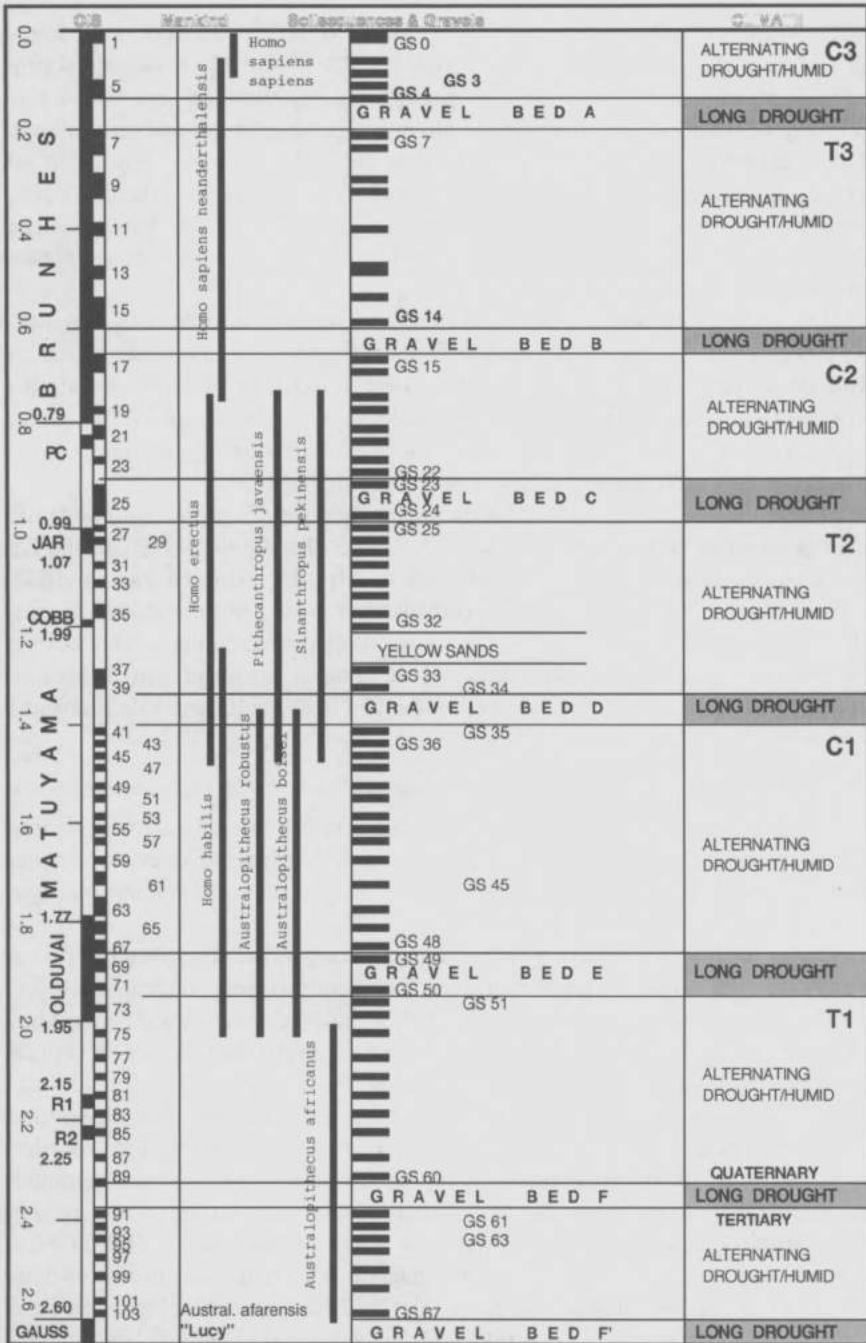


Fig. 3. — De klimaat- en bodemveranderingen en de menselijke evolutie van de lange tijdreeks.

De klimaatwisselingen van het kortere type worden gevormd door de interglacialen en glacialen die in het tijdsbestek van 2,4 Ma tot 130 Ka drieëntwintig keren optraden met extremen van vochtig-warme klimaten met weelderige plantenbedekking tot extreem droge klimaten met ariede desertieke klimaten. Deze laatste waren van kortere duur dan deze van de super grintlagen en grepen derhalve niet echt in op het genetisch type van de Mensheid. Tijdens de warm-vochtige interglacialen kwam het vermoedelijk tot een demografische *boom* van de bestaande soort zodat ze de daaropvolgende koude droogtefasen als groep konden overleven.

Het Savanna-bosbestand van de kortere interglaciale periodes (van nagenoeg 15 000 jaren lang) leverde de bodemsequenties terwijl de desertieke klimaten van de langere glaciële periodes (van zowat 100 Ka jaren lang) elkaar dus voortdurend afwisselden met een frequentie van ruim 100 Ka tot 120 Ka jaren. Ook frequenties van 40 Ka traden op die meer kortstondige klimaatverwarmingen opleverden tijdens die lange periodes van glaciaties.

Daarenboven waren er de reeds hoger genoemde grote aanhoudende droogtes van de langdurige koude periodes van 50 Ka die slechts om de 400 Ka optraden en telkens aanleiding gaven tot de afzetting van één van de dikke A tot F super grintlagen. Zoals hierboven al vermeld, zijn die laatste er wellicht — meer nog dan de relatief kortere klimaatveranderingen van binnen de 100 Ka — de oorzaak van dat, in haar aanpassingsstrijd aan de nieuwe levensomstandigheden, drastische veranderingen in de evolutie van de Mensheid optraden.

*Van geologische correlatie tot glaciaal  $\neq$  pluviaal en interglaciaal  $\neq$  interpluviaal*

Verlaging van temperatuur leidt niet noodzakelijk tot de ultieme verdwijning van het vegetatiedek; verdroging doet dit wel. Verdroging doet dus én het water én het voedsel verdwijnen die beide uiteraard de *conditio sine qua non* vormen voor het overleven.

Door de hoger aangevoerde geologische lange-afstandscorrelatie tussen secties van de lange tijdreeks van de verschillende regio's, ongeacht de verschillende breedteliggingen van tropen tot boreale gebieden, kwam men voor de eerste maal tot de bijna perfecte overeenstemming in tijd van de koude droogte en warme vochtige fasen. Hierdoor kwam men tevens tot de vaststelling dat de koude en droge fasen in het boreale Noorden overeenstemden met eveneens koeler en droger op de evenaar, m.a.w. glaciaal in het Noorden is eveneens afkoeling en vooral verdroging op de evenaar. Evenzo stemmen de interglaciale fasen in de hogere breedteliggingen overeen met warmere, zeg maar tropische en subtropische fasen in de equatoriale gebieden. Het fameuze schema van glaciaal = pluviaal en interglaciaal = interpluviaal heeft dus definitief als irreëel en onjuist afgedaan. Het is beter de benamingen pluviaal en interpluviaal niet meer te gebruiken. Geleidelijk geraken zelfs de benamingen glaciaal en interglaciaal in onbruik.

*Glaciaal ≠ pluviaal en interglaciaal ≠ interpluviaal en de evolutie van de Mensheid*

Om de verdere evolutie van de Mensheid te volgen, is de betekenis van glaciaal ≠ pluviaal en interglaciaal ≠ interpluviaal van primordiaal belang. Door deze vaststelling is het dus niet langer zo dat bijvoorbeeld tijdens droge glaciële periodes in het Noorden de prehistorische Mens een nieuw leefmilieu zou kunnen terugvinden en opzoeken als *refuge* tegen de droogte, in de meer tropisch-equatoriale gebieden waar dan de zogezegde vochtige „pluviale” klimaatomstandigheden zouden heersen. Deze gebieden zijn eveneens droger en lijden aan verwoestijning. Vegetatie en diersoorten verdwijnen er en zelfs de tropische oerwouden overleven slechts in kleine *refuges* zoals bij voorbeeld dat rond Yangambi in Zaïre rond 20 Ka bij het maximum van het laatste glaciaal en van waaruit de vegetatie regenereerde tijdens het daaropvolgend Holoceen interglaciaal. Tijdens de glaciële periodes bestond er dus tussen het desertieke tropen- en subtropengebied rond de evenaar en het glaciële gebied van het Noorden, de steppe/savanna en het periglaciële gebied met permanent bevroren ondergrond (permafrost) waar de overgebleven planten en dieren zich schuil hielden. Tijdens de extreem koude fasen van het Pleistoceen kon hierdoor enkel een migratie van Mens en Dier ontstaan vanuit de desertieke tropen- en subtropengebieden van de equatoriale regio naar de beide poolgebieden toe, d.w.z. naar het steppe/savanna en/of periglaciële gebied waarheen ook planten en dieren waren gevlucht, en niet omgekeerd. Dit zagen we reeds met *Australopithecus africanus* die rond 2,6 Ma vanuit het desertieke tropen- en subtropengebied naar het zuiden van Afrika vertrok.

*De overlevingskansen van de Mensheid tijdens het Pleistoceen*

Tegenover dit schema van vrij frequent alternerend droge en vochtige fasen van de laatste 2,4 Ma staat de evolutie van de Mensheid en zijn overlevingskansen.

Uit *Australopithecus afarensis* Lucy ontwikkelen zich tijdens het Pleistoceen twee trends in de evolutie der Mensheid :

- Enerzijds, de drie soorten Australopithecine, met name *Australopithecus africanus* (2,6 Ma), *Australopithecus robustus* (2,0 Ma) en *Australopithecus (Zinjanthropus) boisei* (2,0 Ma) ;
- Anderzijds, drie soorten Mens, met name *Homo habilis* (2,0 Ma), *Homo erectus* (1,2 Ma) en *Homo sapiens* (0,5 Ma).

*De Australopithecine van Olduvai (Tanzania) : de zuidelijke Afrikaan*

De evolutie van *Australopithecus afarensis* stopt rond 2,6 Ma op een moment dat een sterk aried desertiek landschap wordt geïnstalleerd (grintlaag F<sup>o</sup>). Tevoren trotseerde hij van 3,3 Ma tot 2,6 Ma de overgang van een vochtig/warm open-savannaklimaat naar een droog/koud aried desertiek klimaat en

ziet hij een tropisch landschap zich omvormen tot een loess-desertiek landschap.

De evolutie van *Australopithecus africanus*, waarvan de migratie naar zuidelijk Afrika vanaf 2,6 Ma plaatsgrijpt, stopt rond 2,0 Ma op een moment dat de savanna andermaal omgevormd wordt tot een meer desertiek aried landschap (grintlaag E). Hij leeft van omstreeks 2,6 tot iets voorbij 2,0 Ma en trotseerde aldus twintig klimaatveranderingen van telkens een interglaciaal/glaciaal koppel (100 Ka), met inbegrip van twee intensieve en lange droogtefasen (grintlagen F, E) respectievelijk rond 2,4 en 2,0 Ma.

De evolutie van *Australopithecus boisei* en *Australopithecus robustus* stopt rond 1,4 Ma weer op een moment dat de savanna opnieuw omgevormd wordt tot een meer desertiek aried landschap (grintlaag D). Zij leven van 2,0 tot 1,4 Ma tussen twee grote droogtefasen (grintlagen E, D) in en beleven vijftien klimaatwisselingen van telkens een interglaciaal/glaciaal koppel.

#### *Homo, de Mens die de ganse Planeet Aarde koloniseert*

##### *Van Homo habilis naar Homo erectus*

De *Homo habilis*, die zich vanaf 2,0 Ma (grintlaag E) naast *Australopithecus boisei* en *Australopithecus robustus* heeft ontwikkeld, doorstaat deze extreem koude uitdagingen beter. Hij overleeft tevens de grote-koudedroogte van 1,4 Ma (grintlaag D) waaraan zijn metgezellen ten onder gingen, door zich aan te passen en te evolueren naar *Homo erectus*.

Dit nieuw soort volledig rechtop staand mensentype zal vanuit zuidelijk Oost-Afrika de gehele wereld koloniseren. *Homo erectus* uit Fort Ternan in Kenya wordt teruggevonden in Sangiran, Java als *Pithecanthropus javaensis*, in Choukoutien, China (*Sinanthropus pekinensis*) en in Lantian, China, in de Levant rond Latamne, in Noordwest-Afrika in Sale en Ternifine en op verschillende plaatsen in Europa zoals Petralona (Griekenland), Vertesszöllös (Hongarije), Heidelberg (Duitsland) en Torralba/Ambrona (Spanje).

*Homo erectus* zal gedurende één miljoen jaren, vanaf 1,4 Ma (grintlaag D) tot 400 Ka, nagenoeg vijftientig klimaatwisselingen van telkens een interglaciaal/glaciaal koppel overleven, inclusief twee grote-droogtefasen overeenstemmend met grintlagen C en B respectievelijk rond 1,0 Ma en 600 Ka.

##### *Van Homo erectus tot Homo sapiens (Homo sapiens neanderthalensis en Homo sapiens sapiens)*

*Homo sapiens* (Mauer/Steinheim) ontwikkelt parallel met *Homo erectus* als een logisch gevolg van de steeds weer aanpassende mens, na de lange desertieke koude die hij moest trotseren vanaf 650 Ka (grintlaag B). Hij diversificeert zich vrij vlug in een *Homo sapiens neanderthalensis* (400 Ka). Rond dit tijdstip worden de vulkaanuitbarstingen van de Egeïsche Zee gemeld die bijgedragen hebben tot de algehele afkoeling van het klimaat.

*Homo sapiens neanderthalensis* is dus getuige van zeer barre levensomstandigheden, leeft in de schaduw van het noordelijke arctische landijs en zal een tiental warm/koud klimaatwisselingen doormaken, met inbegrip van de grote lange droogte (Biache St-Vaast) rond 200 Ka (grintlaag A) tot aan de komst van het laatste interglaciaal rond 130 Ka. Die lange droogte rond 200 Ka valt merkwaardig genoeg andermaal samen met een andere ons bekende vulkanische activiteit, namelijk die van Auvergne.

Het is eveneens waarschijnlijk dat in deze periode van 400 Ka tot 200 Ka de achtergebleven Mensheid in Afrika, van Marokko tot de Afar en verder zuidwaarts, zich in de kustzones ging vestigen zoals uit de talrijke nederzettingen van die periode kan worden afgeleid. Er treedt ook enige verandering in zijn voeding op daar meer en meer vis in het dieet terug te vinden is. Het leven met de zee moet in deze periode het alternatief geweest zijn tegen de desertificatie die zich in het binnenland voltrok.

Die desertificatie is een wereldwijd verschijnsel en kenmerkt het laatste lid van het Midden Pleistoceen (400-130 Ka) dat bekend staat als de grootste koude- en droogteperiode. Tijdens die periode ontstonden de grote woestijnen zoals de Gobi, de Australische, de Iraanse, de Sahara en de Arabische woestijnen. Het was ook de periode van loessvorming op het plateau van China, op verschillende plaatsen in Europa waaronder de leemstreek van Haspengouw en Noord-Frankrijk, Oostenrijk, Tchechië en Slovakia, Tsadjikistan, Iowa/Nebraska, enz. Ook grote delen van de tropen en subtropen werden, zoals hoger reeds gezegd, omgevormd tot woestijn zodat continenten zoals Afrika en Zuid-Amerika, waar respectievelijk het Centraalafrikaans oerwoud en het Amazone-oerwoud verdwenen, uitgestrekte woestijngebieden gingen vormen. Die werden periodisch onderbroken en moesten plaats ruimen voor de korte doch warmere (als vandaag) interglaciale periodes van nagenoeg 15 Ka in duur waarin het water, de vegetatie en dus ook het wild terugkeerden. Tijdens die korte periodes van natuurlijke welvaart groeide de demografie en werd het ras versterkt zodat het terug bestand geraakte tegen de moordende klimaatomstandigheden die onvermijdelijk zouden volgen volgens de regelmaat van een klok.

### III. KLIMAATVERANDERINGEN EN MENSELIJKE EVOLUTIE VAN DE MIDDELLANGE TIJDREEKS

In feite behoort de middellange tijdreeks ook nog tot de lange tijdreeks waarvan ze het laatste droog/vochtig klimaatkoppel van het Pleistoceen vormt. Het laatste interglaciaal en het laatste glaciaal vormt echter een apart koppel omdat het, meer nog dan enig ander droog/vochtig klimaatkoppel, duidelijk zijn sporen op het landschap en het hydrografisch stelsel achterliet en het de periode vormt waarin de Paleolitische Culturen tot bloei kwamen. Van strikt geologisch standpunt uit staat dit laatste droog/vochtig klimaatkoppel

als uniek voorbeeld voor de stadiale en interstadiale klimaatveranderingen binnen een cyclus van ruim 100 Ka zijnde de laatste interglaciaal/laatste glaciaal cyclus.

*De Kwartaire periode van 130 Ka tot 10 Ka (het Boven Pleistoceen) (Fig. 4)*

Om de verdere evolutie van *Homo sapiens neanderthalensis* beter te begrijpen biedt de middellange tijdreeks het voldoende detail van klimaat- en paleolitische cultuurwisselingen. De *Homo sapiens neanderthalensis* overleefde succesvol de lange strenge-koudeperiode die met de afzetting van grintlaag A gepaard ging.

Tijdens en na het laatste interglaciaal van 127-115 Ka bereikt *Homo sapiens neanderthalensis* zijn climax, namelijk de demografische en culturele explosie in de Dordognestreek (Frankrijk) met een nooit eerder gekende beheersing van de werktuigen, het Moustérien, tijdens het Midden Paleolithicum. Het klimaat evolueerde in deze 12 000 jaren lange interglaciale toestand naar een klimatisch optimum dat vochtiger en veel warmer (gemiddeld 2 °C meer) was dan vandaag. Overal heerst er zoals vandaag een rijk bosbestand.

De algemene afkoeling hierna leidt tot de culturele kolonisatie van Europa en het Midden-Oosten vooral dan tussen 115 Ka en 73 Ka met afwisselend vochtig/gematigd klimaat met bosbestand (Harmignies Bodems : IS 1-4) en vier korte droog/koude pieken met vegetatiearme landschappen, respectievelijk rond 110 Ka, 105 Ka, 100 Ka en 95 Ka, die dus nagenoeg om de 5 000 jaar optreden.

Hierna, rond de eerste grote koude piek van omstreeks 73 Ka, begint pas de echte laatste glaciale, de pleniglaciale periode. *Homo sapiens neanderthalensis* blijft er heersen tot omstreeks 45-40 Ka, dus tot na de tweede grote koude piek van rond 50 Ka die hij klaarblijkelijk moeilijker heeft overleefd. Tussen deze twee laatstgenoemde extreem koude pieken versnelt inderdaad deze traspwijze afkoeling aanzienlijk, de drie, zij het dan koelere, interstadiale fasen (Warneton Bodems : IS 5-7) ten spijt. Waarschijnlijk is deze snelle afkoeling er ook de oorzaak van dat het einde van de Moustériencultuur waarvan *Homo sapiens neanderthalensis* de schepper was, wordt ingeluid.

Samenvattend trotseerde *Homo sapiens neanderthalensis* in het tijdinterval van 115 Ka tot 50 Ka de afkoeling van het klimaat van het laatste interglaciaal naar het laatste glaciaal met een reeks van acht stadiale/interstadiale klimaatwisselingen waaronder de twee genoemde extreem koude fasen rond 73 en 50 Ka.

*Homo sapiens sapiens* of de Mens van Cro-Magnon leeft tijdens het Boven Paleolithicum vanaf het Chatelperronien tot het Magdalénien. Hij verschijnt na de koude van 50 Ka rond 40 Ka in de daaropvolgende mildere periode van 45 tot 26 Ka (Poperinge Bodem : IS 8 van 41 Ka ; Hoboken Bodem : IS 9 van 34 Ka ; Zelzate Bodem : IS 10 van 28 Ka). Hij toont zijn superieure begaafdheid aan in de talloze lithische culturen die hij in die periode achter-





eenvolgens (Chatelperronien, Aurignacéen, Périgordien) zal ontwikkelen en die vermoedelijk synchroon zijn met de milde interstadialen van de tevoren genoemde bodemontwikkelingen.

Hij overheerst in gans het periglaciaal landschap van Europa zodat zelfs een volledig geklede Cro-Magnon onlangs nog naar voren trad — bij wijze van spreken althans — uit het ijs van Siberië. In het doorgaans vegetatiearme landschap van die periode kan hij zich relatief gemakkelijk verplaatsen en vindt men hem dan ook terug in de Nieuwe Wereld waar hij bij de toenmalige lage-zeespiegelstand relatief eenvoudig terecht kon komen via de Behringstraat en zelfs tot in Chili doorgedrongen was. Maar ook in Indonesië, dat rond deze tijd om dezelfde redenen van lagere-zeespiegelstand met het Zuidoost-Aziatisch continent verbonden was, komt hij voor.

Zijn culturele en technologische ontwikkeling bereikt zijn maximum rond het maximum van de laatste glaciatie (18 Ka), zowel tijdens het Solutréen ervoor, als tijdens het Magdalénien erna. Deze laatste cultuurfase, beter bekend als *l'Age du Renne*, zal zich trouwens in een lange cultuurperiode van 20 Ka tot 12 Ka blijven uitstrekken, dit is dus zolang als het Mesolithicum, het Neolithicum en de Bronstijd samen. *Homo sapiens sapiens* weet zich blijkbaar te handhaven over het maximum van de glaciatie door een alsmaar grotere beheersing van de lithische industrie.

Deze *Homo sapiens sapiens* leeft van bij de rand van de IJskap op de Belgisch-Nederlandse grens tot in de tropen zoals Zaïre, de Amazone en Indonesië waar het oerwoud tijdens de interstadialen slechts overleeft als savanne en ten slotte volkomen verdwijnt en zich terugtrekt in *refuges*, tijdens de maximumpieken van extreme droogte en koude van de glaciaties. Tijdens de mildere interstadiale fasen kan er dus een demografische en culturele stroom geweest zijn vanuit Europa naar het tropengebied over gans de Planeet Aarde.

Deze enorme cultureel/technologise boom heeft onweerlegbaar te maken met de extreme levensvoorwaarden waardoor het schaarse wild in het boomloos landschap van de periglaciaal gebieden en ten slotte van de poolwoestijn, te allen prijze enkel en alleen met succes moest gejaagd worden om te kunnen overleven. Dit vertaalde zich in het vervaardigen van hooggeperfectioneerde jachtwapens tijdens het Solutréen en het Magdalénien die bovendien nog doeltreffend werden aangewend.

Jachtaferelen als deze van Lascaux en de zovele halfreliëfbeeldjes vooral dan i.v.m. de vruchtbaarheid, leveren hiervan duidelijk het bewijs en tonen tevens aan dat *Homo sapiens sapiens* ook kunstzinnig en religieus geworden was, wellicht om zijn overleving kracht bij te zetten.

Uiteindelijk is het rond 13 Ka en 12 Ka dat de Mensheid welbespraakt wordt en via de gesproken taal gaat communiceren. De Mensheid is nu in de snelle opwarmingsfase beland tussen het koude dieptepunt van 18 Ka en de volgende warme fase die op 10 Ka beginnen zal. Die opwarming verloopt van 17 Ka tot 10 Ka driemaal sneller dan de afkoeling van 73 Ka tot 50 Ka,

hoewel ook trapsgewijs. De lichte-koudepieken worden onderbroken door warme interstadialen die terug aanleiding geven tot beboste landschappen met bodemvorming (Zulte Bodem : IS 11 van 17 Ka ; Stabroek Bodem : IS 12 van 12 Ka ; Roksem Bodem : IS 13 van 11 Ka).

#### IV. KLIMAATVERANDERINGEN EN MENSELIJKE EVOLUTIE VAN DE KORTE TIJD-REEKS

Na de snelle opwarming vanaf 13 Ka belanden we dus rond 10 Ka in het interglaciaal waarin we thans leven of het Holoceen. Flora en fauna regenereren in een voor de *Homo sapiens sapiens* nooit eerder geziene bloei en rijkdom. Vermits hij reeds taalvaardig was, had hij dit wellicht de „Tuin van Eden” kunnen noemen.

##### *De Kwartaire periode van 10 Ka tot heden (het Holoceen) (Fig. 5)*

Het klimaat was over die gehele periode werkelijk niet eenvormig gelijk in tegenstelling tot wat sommige klimatologen beweren. De perfecte correlatie van de verschillende cultuurfasen bekend uit de Griekse archeologie met de verschillende milieu- en klimaatfasen zoals afgeleid uit de bodemsequenties, is treffend. Deze laatste vertonen, zoals hierna zal omschreven worden, andermaal verschillende cycli van verschillende duur die bovendien met elkaar kunnen interfereren. Het is ook de periode van de zeespiegelrijzing uit haar dieptepunt van - 120 m tijdens het maximum van 18 Ka. Het landschap van vandaag ontwikkelt zich.

##### *De 2 500-jarige cyclus*

De dominerende cyclus is deze van 2 500 jaar die ook wel als de CO<sub>2</sub>-cyclus van SUESS bekend staat. De welbekende geologische periodes Boreaal/Atlanticum/Subboreaal/Subatlanticum werden op basis van deze cycliciteit ingedeeld en stemmen treffend overeen met de prehistorische-archeologische indeling in Mesolithicum/Neolithicum/Bronstijd en de Historische Tijd.

Met het klimatisch optimum van rond 7 500 BP [3], op de grens tussen het Mesolithicum en het Neolithicum, treedt de Mensheid letterlijk de Tuin van Eden of het bijbelse aards paradijs binnen. Tijdens het Neolithicum ontstaat de landbouw en grijpt de domesticatie van de huisdieren plaats. De zeespiegel rijst hierna gestadig gedurende het Atlanticum en de kustvlakten en valleien worden opgevuld waarop de mensheid vanaf de Bronstijd zal gaan leven. Bij het einde van de Bronstijd ziet het landschap er nagenoeg uit zoals nu.

##### *De 1 000-jarige cyclus of de cyclus van de droogtefasen*

Doorheen de 2 500 jaren cyclus is er een opmerkelijke droogtecyclus van 1 000 jaren geweven die het Holoceen in tien fasen onderverdeelt. Zij worden weerspiegeld in een afwisseling van bodemlagen en fluviaatiele grintlagen. De

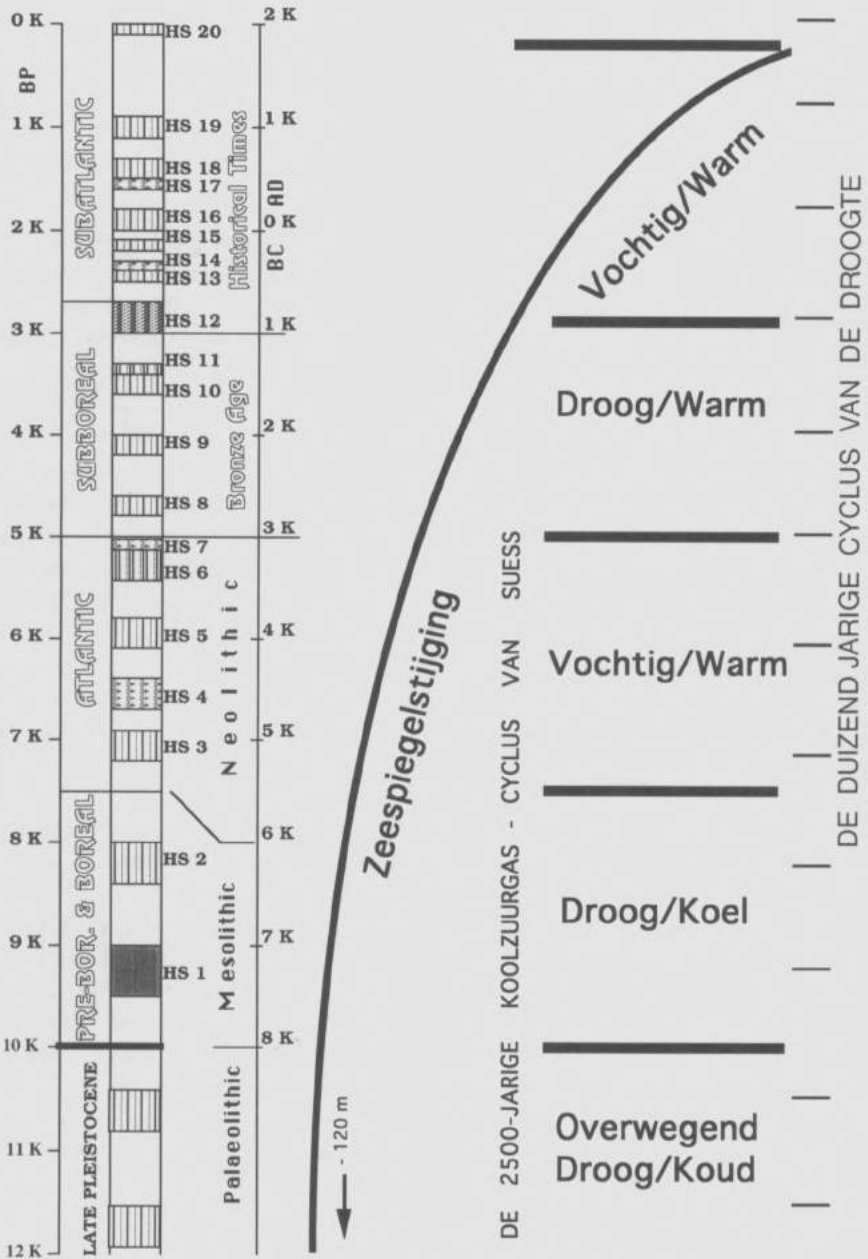


Fig. 5. — De klimaat-/bodemfasen tijdens de korte tijdreeks.

bodems zijn stilstanden onder een vegetatiedek ; de grinten zijn plotse overstromingsfasen in een semi-ariëd klimaat.

Vanaf het begin van de Bronstijd (4 800 BP/2 800 BC [4]) zijn die droogtefasen goed te volgen in de cultuurgeschiedenis. Op de grens van het Neolithicum en de Bronstijd is zowel uit de geologie van de opgravingen in Griekenland als in Mesopotamië een overstroming bekend die rond 5 000 BP (omstreeks 2 800 BC) kan worden gelocaliseerd. Waarschijnlijk is het deze die in het Sumerisch Gilgamesh Epos beschreven wordt als de overstroming van 2 800 BC die leidde tot het concept van de bijbelse zondvloed. De totale wereldbevolking wordt bij het begin van de Bronstijd geschat op 5 miljoen. Bij het begin van de Myceense cultuur, rond 3 500 BP, wordt die bevolking al op 20 miljoen geschat. Er zou dus een aanzienlijke aangroei van de bevolking geweest zijn in amper 1 500 jaren die uiteraard door de sedentarische in goed georganiseerde cultuur- en landbouwmaatschappijen kan uitgelegd worden.

Elk van de drie Helladische periodes van de Griekse Bronstijd vangt aan met een droogtefase die finaal afsluit rond 3 000 BP op het einde van de Myceense cultuurfase met de vorming van Kallikleios Bodem waarbij, zoals hoger gezegd, het niveau van het huidige landschap bereikt werd. Hierop zal de verdere historische cultuurgeschiedenis van Griekenland verlopen.

Iedere cultuurfase van de Archaïsche, Klassieke, Hellinistische en Romeinse periode is van elkaar gescheiden door een bepaald bodemniveau uit de bodemsequentie. In de lange Byzantijnse periode treden twee dergelijke bodems op alvorens de meeste recente uit de Ottomaans/Griekse periode bereikt wordt.

In de historische tijd worden de droogtefasen geregistreerd als de Geometrische Atheense Agora droogte van de 8ste eeuw BC, de laat-Romeinse droogte van de 1ste eeuw AD en de Patriarch Akominatos Droogte van de 11de eeuw AD uit het midden van de Byzantijnse periode. In de verlenging hiervan ligt in de 1 000-jarige cyclus, de huidige droogte in de 20ste eeuw AD beter bekend als de Saheldroogte.

### Besluitvorming en toekomstvisie

De Mensheid is in zijn evolutie dus onmiskenbaar door de klimaatveranderingen van welke grootte-orde ook, sterk beïnvloed. Door aanpassingen van zijn fysieke persoon, van zijn industriële (lithische) vaardigheid en van zijn maatschappelijk bestel wist hij de meest uitdagende droogte- en koudeomstandigheden te overleven. Op zijn minst 100 gekende klimaatwisselingen trotseerde hij de afgelopen 2,6 Ma. Maar rekening houdende met de onderverdelingen van interglacialen (13 klimaatwisselingen) en interstadialen (20 klimaatwisselingen) en de 65 klimaatwisselingen van het koppel koud/warm die hij in de lange tijdreeks doortrok, worden dit er  $65 \times 35 = 1\,495$  waarbij eveneens

de 5 grote-koudefasen nog geteld moeten worden : totaal 1 500 mogelijke klimaatwisselingen.

De veelvuldigheid van de cycli die de klimaatveranderingen bepalen, en vooral deze van 1 000-jarige droogtecyclus, leiden ertoe te besluiten dat de huidige verwarming evenzeer met een natuurlijke opwarming te maken kan hebben als met een kortstondige opwarming die de mens zelf zou veroorzaakt hebben. In vergelijking met de Byzantijnse en Romeinse opwarming is de huidige nog maar amper gestart en kan zij zich over verschillende eeuwen in de toekomst spreiden. Het bedrag van de bijdrage aan deze opwarming met amper  $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}/100$  jaar, dat aan de menselijke activiteit te wijten zou zijn, is zeker geringer dan de natuurlijke uit vorige interglacialen waar uit de studie der bodemintensiteit en pollen, temperatuurverhogingen tot  $2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  werden vastgesteld. De bodems uit de Byzantische tijd verwijzen naar dergelijke temperaturen. De Mensheid moet m.i. thans nog heel wat pollueren eer hij op kunstmatige wijze die norm bereikt. Overigens zijn de gegevens van de temperatuurstijging uit de laatste eeuw meestal afkomstig uit stedelijke industriële agglomeraties.

Op basis van een natuurlijke klimaatverwarming kan het dus in de toekomst nog erger worden dan door de klimatologen op een artificiële basis voorspeld wordt. Een  $2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  hogere temperatuur stemt overeen met een zeespiegelrijzing van 6 m zoals dit tijdens het laatste interglaciaal gebeurd is.

De maatregelen die de Mensheid meent te kunnen nemen, dienen derhalve met grote omzichtigheid te worden bepaald omdat zij niet in staat zal zijn om de natuurlijke verwarming, die sterker kan worden en zeker langer zal duren, zomaar af te bouwen, zoals dit voor een door de mens geschapen broeikas-effect eventueel wel zou kunnen gebeuren.

#### NOTEN

[1] Ma is de afkorting voor Miljoen jaren.

[2] Ka is de afkorting voor Duizend jaren.

[3] BP staat voor Before Present berekend in jaren voor 1950 (geofysisch jaar).

[4] BC staat voor Before Christ (begin van jaarrekening).

## Verslag over de werkzaamheden van de Academie Rapport sur les activités de l'Académie (1994-1995)

par/door

Y. VERHASSELT \*

Excellenties, Waarde Confraters, Dames en Heren,

Alvorens U het verslag over de werkzaamheden van de Academie van het afgelopen jaar te kunnen uiteenzetten, is het mijn droeve plicht het overlijden aan te kondigen van een aantal Confraters.

**Egbert de Vries** werd geboren op 29 januari 1901 te Grijpskerke (Nederland) en overleed op 20 september 1994. Confrater de Vries studeerde tropische tuinbouw aan de landbouwhogeschool te Wageningen. Van 1924 tot 1930 werkte hij als tuinbouwconsulent te Buitenzorg. Een jaar later behaalde hij een doctoraat in de landbouwwetenschappen en werd hij ambtenaar bij de afdeling landbouweconomie en de afdeling economische zaken. Deze functies oefende hij uit tot 1937 om daarna bevorderd te worden tot hoofdambtenaar van economische zaken. In november 1941 werd hij voorzitter van de landbouwfaculteit aan de universiteit van Batavia (Jakarta). Vanaf 1947 doceerde hij landhuishoudkunde en agrarisch recht der overzeese gebieden aan de landbouwhogeschool te Wageningen. Drie jaar later werd hij tewerkgesteld bij de Nationale Bank te Washington D.C. als hoofd van de afdeling economische hulpbronnen en vervolgens als economisch adviseur en hoofd van de afdeling landbouw. In 1956 werd hij rector van het *Institute of Social Studies* te Den Haag. Deze functie oefende hij tien jaar uit, waarna hij in 1966 *professor of international development* werd aan de *Graduate School of Public and International Affairs*, verbonden aan de universiteit van Pittsburgh. Egbert de Vries werd op 26 augustus 1963 benoemd tot corresponderend lid van onze Academie. Op 10 mei 1978 werd hij bevorderd tot het erelidmaatschap.

Notre Confrère **Percy Garnham**, professeur émérite de protozoologie médicale à l'*Imperial College of Science* de la *University of London*, est décédé le 25 décembre 1994 à l'âge de 93 ans. Il fut nommé membre correspondant

---

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

de notre Académie le 9 avril 1968 et promu à l'honorariat le 18 janvier 1978. Le professeur Garnham a émis le souhait que l'annonce de son décès se limite à la seule mention de la date.

Notre Confrère **Pierre Benoit**, né à Malines le 21 octobre 1920, est décédé le 21 janvier 1995 à Woluwé-Saint-Pierre. Pierre Benoit obtint en 1943 le diplôme d'ingénieur agronome à l'Institut Agronomique de l'Université de l'Etat à Gand. De 1946 à 1949, il séjourna au Congo belge où il s'occupa principalement des problèmes entomologiques appliqués à l'agriculture. En 1949, il fut attaché à la Section d'Entomologie du Musée Royal du Congo belge, un musée dont il devint en 1956 chef de la section des invertébrés non insectes. En 1959, sous l'égide de l'Institut de Médecine Tropicale, dont il était en outre professeur extraordinaire, il accomplit une mission d'étude d'entomologie médicale à travers l'Egypte, le Soudan, l'Ouganda et le Congo. Il prospecta la région de Kasongo afin de jeter les bases de la connaissance de l'épidémiologie des endémies locales par la prospection des vecteurs. Nommé consultant du *United States Naval Medical Research Unit* pour l'Afrique et professeur de cours internationaux pour le développement et la santé, Pierre Benoit a vu sa compétence reconnue dans les milieux internationaux. Il était un collaborateur et un conseiller très apprécié de nombreuses institutions scientifiques pour l'étude des invertébrés africains, parmi lesquelles nous citerons le *British Museum*, le Muséum d'Histoire Naturelle de Paris et le *South African Museum*. Ses mérites scientifiques lui ont valu de se voir décerner le Prix Quinquennal de Zoologie de Selys-Longchamps 1976-1981 par l'Académie Royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique. Pierre Benoit fut nommé membre associé de l'Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer en 1965. Il fut élu membre titulaire en 1977 et promu à l'honorariat en 1986.

**Franz Bultot**, né à Gosselies le 13 mai 1924, est décédé le 27 janvier 1995 à Bruxelles. Franz Bultot débuta sa carrière en 1948 à l'Institut National pour l'Etude Agronomique au Congo belge en tant que chef du bureau de climatologie, une fonction qu'il occupa jusqu'en 1962. Entre-temps, il obtint en 1951 le grade de docteur en sciences à l'Université Libre de Bruxelles. En 1962, il fit son entrée à l'Institut Royal de Météorologie de Belgique. Engagé initialement comme assistant stagiaire, il gravit rapidement les échelons et occupa dès le 1<sup>er</sup> janvier 1969 le poste de chef de la section Hydrologie. Ses activités dépassèrent cependant largement le cadre de cette institution puisqu'il assura en outre diverses charges d'enseignement et fut régulièrement invité à de nombreuses réunions scientifiques en tant qu'expert en climatologie et hydrobiologie. Dans le cadre du programme de coopération Belgique-Rwanda, il fut chargé en 1983 par le Ministère des Affaires étrangères du projet «Evolution du climat et du cycle hydrobiologique au Rwanda». Les résultats de ce projet firent notamment l'objet d'un mémoire publié récemment

par l'Académie. Il est également co-auteur d'un autre mémoire édité par l'Académie, «Niveaux et débits du fleuve Zaïre à Kinshasa (Régime - Variabilité - Prévision)» et a écrit de nombreux ouvrages et articles scientifiques dont plusieurs parus dans notre *Bulletin des Séances*. Franz Bultot fut élu membre associé de l'Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer en 1956. En 1969, il fut nommé membre titulaire et promu à l'honorariat en 1989. Il assura la présidence de notre Académie en 1973.

Notre Confrère **Rudolf Geigy**, co-fondateur et ancien directeur de l'Institut Tropical Suisse, est né le 20 décembre 1902 et décédé à Bâle le 16 mars 1995. Il fut nommé membre correspondant de l'Académie le 29 août 1967 et promu à l'honorariat le 18 janvier 1979. Le professeur Geigy a souhaité que l'annonce de son décès se limite à la seule mention de la date.

Notre Confrère **Georges Boné**, né à Schaerbeek le 17 avril 1914, est décédé le 12 juin 1995 à Uccle. Georges Boné obtint en 1938 le diplôme de docteur en médecine à l'Université de Louvain. Il acquit à Anvers le diplôme de médecine tropicale et se vit décerner le Prix Broden de Médecine Tropicale en 1940. Georges Boné débuta sa carrière en 1941 à l'Institut de Médecine Tropicale en tant qu'assistant en parasitologie. Quatre ans plus tard, il obtint le grade de docteur en sciences (section zoologie) à l'Université de Louvain et partit pour Léopoldville afin d'y diriger un laboratoire médical. En 1947, il revint en Belgique pour entamer sa carrière dans l'enseignement comme chargé de cours à l'Institut de Médecine Tropicale, puis en qualité de professeur ordinaire en protozoologie médicale. De 1950 à 1951, il exerça la fonction de directeur *a.i.* de l'Institut pour la Recherche Scientifique en Afrique Centrale (IRSAC). Notre Confrère Georges Boné devint ensuite directeur du laboratoire d'Elisabethville de cet Institut, dont il supervisa la construction et l'équipement. Il occupa également jusqu'en 1967 la fonction de professeur suppléant de physiologie générale et de professeur de parasitologie à l'Université Officielle du Congo. Deux ans plus tard, il s'installa définitivement en Belgique et retourna dans l'enseignement en tant que professeur à l'Université Catholique de Louvain. Georges Boné fut nommé membre correspondant de notre Académie en 1968. Deux ans plus tard, il fut élu membre associé et devint membre titulaire le 21 octobre 1980. Il fut promu à l'honorariat le 18 mai 1983.

**Jean-Paul Harroy**, né à Bruxelles le 4 mai 1909, est décédé à Bruxelles le 8 juillet 1995. Après de brillantes études à l'Ecole Polytechnique de l'Université Libre de Bruxelles, notre Confrère Harroy obtint en 1931 le diplôme d'ingénieur commercial. Il suivit ensuite pendant deux ans les cours de chimie biologique à l'Institut National des Industries de Fermentation. En mai 1935, il entra à l'Administration des Parcs Nationaux comme secrétaire du comité de direction. Peu de temps après, il fut nommé directeur de la Fondation



pour favoriser l'étude scientifique des Parcs Nationaux du Congo. Après avoir obtenu le grade de licencié en sciences coloniales à l'Université Libre de Bruxelles en 1936, Jean-Paul Harroy repartit en Afrique et exerça pendant 14 mois la fonction de conservateur au Parc Albert. Rentré en Belgique en mars 1938, il fut mobilisé et attaché au Cabinet du Ministre de la Défense nationale. Au lendemain de la guerre 1940-45, il publia un important ouvrage intitulé «Afrique, terre qui meurt» et obtint le grade de docteur en sciences coloniales. Ensuite, il repartit au Congo en qualité de conservateur du Parc de la Garamba. Dès 1946, il publia un second ouvrage «Protégeons la nature, elle nous le rendra» dans lequel il démontra la nécessité de la conservation des réserves naturelles. Cette activité féconde attira sur lui l'attention des autorités gouvernementales. Ainsi, il fut nommé secrétaire général de l'Institut pour la Recherche Scientifique en Afrique centrale dès sa création. C'est à cette époque aussi qu'il fut désigné en qualité de secrétaire général de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature et de ses Ressources, créée sous l'égide de l'Unesco. Il dirigea également l'Office International pour la Protection de la Nature. En 1953, il fut nommé professeur ordinaire de l'Université Libre de Bruxelles. Sa carrière sembla alors le fixer définitivement en Belgique. Il n'en était rien, car, lorsque s'ouvrit la succession au vice-gouvernement général du Ruanda-Urundi, c'est lui que le Roi désigna le 1<sup>er</sup> mars 1955. En 1959, il reçut le titre de résident général de ces territoires sous tutelle. Pour l'ensemble de son œuvre en faveur de la conservation de la nature, il se vit décerner plusieurs distinctions parmi lesquelles la médaille d'or et le prix Elizabeth Haub du Droit de l'Environnement et la médaille d'or de l'Académie d'Agriculture de France. Jean-Paul Harroy fut élu membre correspondant de notre Académie en 1956. En 1961, il fut nommé membre associé, titulaire en 1975 et promu à l'honorariat en 1979. Il assura la présidence de notre Académie en 1977.

Notre Confrère **Franco Gatti**, né à Novara (Italie) le 29 octobre 1924, est décédé le 12 septembre 1995 à Bruxelles. Franco Gatti obtint en 1948 le diplôme en Médecine et Chirurgie à l'Université de Turin. Il débuta sa carrière en tant qu'assistant volontaire dans le service de pédiatrie de l'*Ospedale Maggiore* de Novara et ensuite comme assistant au Laboratoire Provincial d'Hygiène et de Prophylaxie. En 1950, il acquit le diplôme de spécialiste en pédiatrie et deux ans plus tard, celui de spécialiste en hygiène. Peu après, il vint étudier à l'Institut de Médecine Tropicale d'Anvers et y obtint son diplôme en 1953. De 1953 à 1973, M. Gatti séjourna au Zaïre. Il y occupa d'abord la fonction de médecin de la Colonie, puis, à partir de 1961, celle de chef du service de Bactériologie des Cliniques Universitaires de l'Université Nationale du Zaïre à Kinshasa en tant que médecin O.M.S. Il exerça simultanément des activités d'enseignement à la Faculté de Médecine de l'Université Lovanium (Zaïre). En 1973, de retour en Belgique, il travailla comme chef

de service de microbiologie spéciale au Laboratoire de Recherche de Janssen à Beerse. L'année suivante vit son départ pour le Maroc, où il fut chargé du projet «Surveillance et contrôle des maladies transmissibles». En 1977, il fut en outre affecté à l'Institut National d'Hygiène à Rabat en tant que chef du département de Microbiologie. La carrière de notre Confrère Gatti fut surtout marquée par ses nombreuses recherches dans le domaine de la bactériologie, la mycologie et l'épidémiologie des maladies transmissibles. Ces recherches ont donné lieu à de nombreuses publications et communications lors de congrès internationaux. En 1978, M. Gatti fut nommé membre correspondant de notre Académie. Il fut promu à l'honorariat le 31 janvier 1994.

Puis-je vous inviter à nous recueillir un moment en mémoire de ces Confrères disparus ? Je vous remercie.

Waarde Confraters,

In 1995 zijn de Bureaus van de Klassen als volgt samengesteld :

Klasse voor Morele en Politieke Wetenschappen :

Directeur : Ferdinand de Hen, die tevens voorzitter is van de Academie

Vice-Directeur : Pierre de Maret

Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen :

Directeur : Georges Stoops

Vice-Directeur : Ivan Beghin

Klasse voor Technische Wetenschappen :

Directeur : Roland Paepe

Vice-Directeur : Albéric Monjoie

Onze Academie telt 2 ereleden, 103 werkende en erewerkende leden, 86 geassocieerde en eregeassocieerde leden, 86 corresponderende en ereresponderende leden onder wie 37 staatsburgers van overzeese landen ; in totaal 277 leden.

De drie Klassen van de Academie hebben maandelijks vergaderingen gehouden en de *Mededelingen der Zittingen* weerspiegelen hun werken m.b.t. de verschillende domeinen van de overzeese wetenschappen.

De Commissie voor Biografie, voorgezeten door Confrater Pierre Salmon, zet het opstellen voort van boekdeel 8 van de *Belgische Overzeese Biografie*. Wij hopen dit boekdeel, waarvoor tot nu toe 132 nota's werden opgesteld, in de loop van 1996 te kunnen publiceren.

De Commissie voor Geschiedenis, voorgezeten door Confrater John Everaert, werkt momenteel aan de voorbereiding van een Gids voor de Vorseer in Overzeese Geschiedenis van België. De bedoeling van deze Commissie is

een origineel en bruikbaar werkinstrument samen te stellen bestemd voor zij die de Belgische overzeese geschiedenis onderzoeken.

Het Bureau kwam vorig academiejaar driemaal bijeen. Overeenkomstig de statuten, vergaderde de Bestuurscommissie in maart en september.

Leden van de verschillende Klassen drukten de wens uit dat onze Instelling de multidisciplinaire studie van Rwanda en het gebied van de Grote Meren zou aansnijden. Met het oog daarop werd een werkgroep van 17 leden opgericht onder de coördinatie van Confrater Emile Lamy. Een eerste vergadering heeft enkele dagen geleden plaatsgevonden. Een colloquium is in voorbereiding.

Mijnheer de Voorzitter, beste Confraters, Dames en Heren,

Het academiejaar 1994-95 vormt een overgang. Op 11 juni 1994 werd ik tot Vast Secretaris verkozen. Nogmaals wens ik mijn diepe erkentelijkheid te betuigen aan de Confraters voor het vertrouwen in mij gesteld. Bij Koninklijk Besluit van 7 november 1994 werd mijn aanstelling bekrachtigd. Op 1 januari 1995 ben ik in functie getreden.

De talrijke activiteiten die plaatsvonden in het laatste trimester van 1994 werden door mijn voorganger georganiseerd en vermeld in zijn verslag van verleden jaar. U zult mij toestaan hiervan een beknopt overzicht te geven.

Een symposium over „Het Kind in de Derde Wereld” vond plaats van 20 tot 24 oktober 1994. Dertig uiteenzettingen werden gehouden over de verschillende aspecten van het thema.

Van 24 tot 26 november 1994 organiseerde de Academie in samenwerking met het Wetenschappelijk Comité voor Maritieme Geschiedenis en de Koninklijke Academie voor Wetenschappen, Letteren en Schone Kunsten van België een conferentie over „Shipping, Factories and Colonization”. Er werden achtendertig lezingen gehouden.

De Academie verleende haar bescherming aan de studiedagen die de Belgische Vereniging van Afrikanisten heeft georganiseerd op 16 en 17 december 1994 over het onderwerp „Voeding, kulturen en ontwikkeling”.

A l'occasion de l'accession à l'honorariat de son Secrétaire perpétuel, notre Confrère J.-J. Symoens, l'Académie lui a rendu hommage lors d'une séance académique. Celle-ci eut lieu le 14 décembre 1994 devant une assemblée très nombreuse. Deux communications scientifiques ayant trait à la limnologie et l'hydrobiologie tropicale y furent présentées par le Professeur Jean-Pierre Descy et notre Confrère Elmar Robbrecht. Hommage fut rendu par des représentants des trois Classes, à savoir par le Président de l'Académie en 1994, notre Confrère Robert Leenaerts, par notre Confrère Jean Semal et par moi-même. Afin de témoigner leur reconnaissance au Professeur J.-J. Symoens, de nombreux sympathisants ont largement contribué à l'accroissement du Fonds institué en son nom au sein de l'Académie.

Une collaboration entre notre Académie et l'Académie des Sciences d'Outre-Mer de France fut initiée par mon prédécesseur. Elle s'est concrétisée par l'organisation de deux séances communes à Paris les 13 et 14 mai 1995. Une délégation de 38 membres de notre Académie y a participé. Pour la première fois, une séance de l'Académie fut tenue hors de Belgique. Le thème général était «Problèmes de la coopération au développement». La première séance fut consacrée à la priorité à donner à l'aide humanitaire ou à celle au développement. Elle eut lieu au siège de l'Académie des Sciences d'Outre-Mer de France. Le Secrétaire perpétuel de cette Académie, notre Confrère Gilbert Mangin, et de nombreux membres de cette Académie nous y ont accueillis. Nos Confrères Paul Gigase et Henri Vis présentèrent un exposé, ainsi que le Dr Xavier Emmanuelli et M. Michel Severino. Le deuxième jour, les participants furent accueillis à l'Ambassade de Belgique, où se déroula la séance relative à *L'examen de la priorité. Monde d'Outre-Mer, Pays de l'Est*. L'Ambassadeur de Belgique, notre Confrère Alfred Cahen, le Professeur Lissouba, Président de la République du Congo, et l'Ambassadeur J.-M. Le Breton y prirent successivement la parole. Après la séance, les participants eurent l'occasion de visiter le Musée des Arts Africains et Océaniens. Nous tenons à remercier très sincèrement nos Confrères Cahen et Mangin pour la parfaite organisation de cette rencontre et pour leur accueil particulièrement chaleureux. Le déplacement à Paris fut fortement apprécié par tous les participants. Il s'est déroulé dans une grande convivialité et a donné l'occasion d'établir des contacts avec nos collègues de l'Académie de France et de resserrer les liens entre les membres des trois Classes.

En ce qui concerne nos **activités futures** :

A l'initiative de nos Confrères Jean Alexandre, Morgan De Dapper et Pierre de Maret, notre Académie projette d'organiser au printemps 1996 un colloque ayant pour thème *Geo-archaeology in Mediterranean and Tropical Environments*.

A la mémoire de feu notre Confrère Franz Bultot, notre Académie organisera en collaboration avec l'Institut Royal de Météorologie de Belgique une conférence internationale consacrée à la *Tropical Climatology, Meteorology and Hydrology*. Elle se tiendra du 22 au 24 mai 1996. Sa Majesté le Roi nous a fait l'honneur d'accorder sa haute protection à cette manifestation.

Un Fonds a été créé à la mémoire de l'ancien Secrétaire perpétuel Raymond Vanbreuseghem en vue d'entretenir et de développer l'hommage que l'Académie entend rendre à son œuvre mycologique. Ce Fonds est destiné au financement de l'organisation de Conférences publiques sur les champignons pathogènes tropicaux. Grâce au soutien financier apporté par la *Janssen Research Foundation*, une quatrième Conférence Raymond Vanbreuseghem pourra être organisée en automne 1996. Les moyens financiers mis à la disposition de l'Académie permettront d'inviter plusieurs orateurs étrangers.

Pour célébrer le centenaire de l'expédition de la *Belgica*, le Comité National Belge pour la Recherche Antarctique organisera diverses activités parmi lesquelles un symposium scientifique. Notre Académie sera associée à cette commémoration. Une première réunion de préparation eut lieu la semaine dernière.

En décembre 1994, trois protocoles permanents de collaboration ont été conclus, respectivement avec :

- l'Organisation des Nations Unies pour l'Education, la Science et la Culture ;
- l'Académie Francophone d'Ingénieurs ;
- le *Koninklijk Instituut voor de Tropen* d'Amsterdam.

Afin de concrétiser ces protocoles, deux groupes de travail ont été constitués au sein de nos trois Classes. Ils sont chargés de rendre effective la collaboration de l'Académie avec l'Unesco et le *Koninklijk Instituut voor de Tropen*. Le protocole signé avec l'Académie Francophone d'Ingénieurs s'est déjà traduit par la présentation d'un exposé de M. Marcel Locquin, Secrétaire perpétuel de cette Institution, lors d'une séance de la Classe des Sciences techniques.

Grâce à l'initiative de notre Président Ferdinand de Hen, des contacts ont été établis au début de cette année avec les Académies du Portugal, d'Espagne et d'Italie. Un projet de mémorandum de coopération avec l'*Instituto de Investigação Científica Tropical* de Lisbonne est actuellement en cours de réalisation. Il pourra probablement être signé cette année encore. L'*Academia Portuguesa da História* a également réagi positivement à notre proposition et là aussi, la signature d'une convention pourrait être envisagée. Les premiers jalons d'une collaboration ont aussi été posés avec la *Real Academia de Ciencias morales y políticas* de Madrid et l'*Istituto Italiano per il Medio e l'Estremo Oriente* de Rome.

Wat de **publicaties** betreft, wil ik vooreerst mijn dank betuigen aan de Erevast Secretaris voor zijn zeer gewaardeerde samenwerking en de welwillendheid waarmee hij de publicaties met betrekking tot de activiteiten van 1994 op zich heeft genomen. Wij verheugen ons erover in de toekomst verder op hem een beroep te kunnen doen.

Tijdens het academiejaar 1994-95 verschenen zes afleveringen van de *Mededelingen der Zittingen*, namelijk nummer vier van boekdeel 39 en de vier nummers van boekdeel 40 en een supplement. De nummers 1, 2 en 3 van boekdeel 41 zijn in voorbereiding en zullen nog in 1995 verschijnen. De Algemene Alfabetische Tafel 1980-89 van de *Mededelingen der Zittingen* werd onlangs uitgegeven.

In de reeks van de **acta** zijn verschenen :

- *De verworvenheden van gisteren ten dienste van de verwezenlijkingen van morgen* (acta van de academische zitting georganiseerd ter gelegenheid van de verschijning van het werk „Rural development in Central Africa 1910-60/62” uitgegeven door de Koning Boudewijnstichting) ;

- Acta van de openbare zitting gehouden in de zaal van de provincieraad van Oost-Vlaanderen te Gent in 1994 ;
- Acta van het symposium over „The Management of Integrated Freshwater Agro-piscicultural Ecosystems in Tropical Areas” in het Engels en het Frans ;
- Het huldeboek aan Erevast Secretaris Jean-Jacques Symoens.

Inderdaad, de acta van de Huldezitting aan de Erevast Secretaris zijn zopas gedrukt en zullen binnenkort aan onze leden verstuurd worden.

De acta van de zitting in Parijs zijn in voorbereiding.

Ook zullen in 1996 een aantal verhandelingen worden gepubliceerd.

Ter gelegenheid van de uitreiking van de Internationale Koning Boudewijnprijs voor Ontwikkelingswerk 1994 aan „The AIDS Support Organization” zal onze Academie, in samenwerking met de Koning Boudewijnstichting, eind dit jaar een werk publiceren over „AIDS en Ontwikkeling in Afrika”.

Dames en Heren,

Een academie kan niet dynamisch functioneren zonder de daadwerkelijke inzet van alle leden. Uitdrukkelijk wens ik de Confraters voor hun medewerking te danken : de Erevast Secretaris, de Voorzitter, de Directeurs en Vice-Directeurs van de Klassen, ook de leden en niet-leden die zetelen in de Commissies, werkgroepen, jury's van prijzen en fondsen, de rapporteurs van de mededelingen, enz. In weerwil van hun drukke beroepsbezigheden, waren zij bereid tijd vrij te maken voor al deze werkzaamheden. Dankzij hun inzet en initiatieven kan onze Academie zich verder ontplooiën en kunnen nog meer activiteiten ontwikkeld worden.

Vanzelfsprekend zijn de dotaties van het Ministerie van Wetenschapsbeleid en de samenwerking met de Federale Diensten voor de Wetenschappelijke, Technische en Culturele Aangelegenheden van vitaal belang voor de werking van de Academie. Zeer bijzonder wensen wij de Minister en de Federale Overheid te danken voor de belangrijke steun waarop wij mochten en mogen rekenen. Wij waarderen zeer de vlotte contacten en de soepele manier waarmee problemen konden worden opgelost. Wij verheugen ons op een verdere uitstekende samenwerking. Het is mij bijzonder aangenaam de leden van het secretariaat van de Academie te danken voor hun toewijding ; dankzij hen verlopen de werkzaamheden in een zeer aangename sfeer.

Ten slotte mijn dank aan Peter Pieters voor de prachtige gitaarmuziek van overzee.

Ook dit jaar heeft de Academie **prijzen en beurzen** toegekend.

Het Floribert Jurion Fonds werd opgericht om Belgische studenten van faculteiten landbouwkundige of diergeneeskundige wetenschappen door middel van leningen of beurzen te helpen bij hun opzoekingen te velde in een overzees

gebied. Dit jaar werd één beurs toegekend aan Diane Doucet die hierdoor haar onderzoekingen in Indië kon voortzetten.

Voor het eerst dit jaar zal de SmithKline Beecham Pharma Prijs der Overzeese Geneeskundige Wetenschappen toegekend worden. Deze prijs ter waarde van 500 000 BF werd in samenwerking met de firma SmithKline Beecham opgericht en is bestemd om een belangrijke bijdrage tot de fundamentele of klinische kennis van de pathologie eigen aan de overzeese landen, meer bepaald in de parasitologische en microbiologische sectoren, te bekronen. De jury zal dit jaar de verschillende werken beoordelen en de laureaat aanduiden. De overhandiging van de prijs zal in 1996 plaatsvinden.

Ter gelegenheid van het emeritaat van haar Vast Secretaris richtte de Academie het Jean-Jacques en Berthe Symoens Fonds op. Dit Fonds is bestemd om met een prijs van 100 000 BF een verhandeling van hoge wetenschappelijke waarde in verband met de tropische limnologie te bekronen. De prijs zal om de drie jaar toegekend worden en dit voor het eerst in 1996.

Zoals elk jaar hebben onze drie Klassen een wedstrijd uitgeschreven over twee vragen in verband met de door hen behandelde gebieden. Drie laureaten werden aangeduid.

Mag ik de voorzitter uitnodigen de prijzen te overhandigen ?

#### **Klasse voor Morele en Politieke Wetenschappen**

Kathleen GYSSELS

„‘Cric ? Crac !’: Le folklore et la littérature orale créole dans l’œuvre de Simone Schwarz-Bart (Guadeloupe)”

Eerste vraag :

„Men vraagt de ontleding van het werk van een Afrikaans of Caraïbisch auteur in zijn betrekkingen met de folklore en de orale literatuur.”

#### **Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen**

Bart PANIS

„Cryopreservation of Banana (*Musa* Spp.) germplasm”

Derde vraag :

„Men vraagt een studie omtrent de toepassing van de biotechnologie voor de veredeling van teeltplanten in tropische of subtropische gebieden”.

Jean-Claude DUJARDIN

„Contribution de l’analyse de la variabilité caryotypique à l’éco-épidémiologie des leishmanioses du Pérou”

Quatrième question :

«On demande une étude originale sur l’éco-épidémiologie de parasitoses humaines en région tropicale.»

### Prijs voor Havenstudies Directeur-Generaal Fernand Suykens

Met genoegen mag ik U melden dat onze Academie dit jaar voor de eerste maal de *Prijs voor Havenstudies Directeur-Generaal Fernand Suykens* heeft toegekend.

Fernand Suykens, werkend lid van onze Academie, studeerde Handels- en Financiële Wetenschappen en Handels- en Maritieme Wetenschappen. Hij is een echte havenman. Zijn veertigjarige loopbaan heeft hij doorgebracht bij de Algemene Directie van het Havenbedrijf van Antwerpen, waar hij de explosieve expansie van de haven begeleidde en waarvan hij thans ere-directeur-generaal is.

Fernand Suykens was echter niet alleen manager, maar ook academicus. Zo doceerde hij o.m. de colleges Havenconomie aan de Universitaire Faculteiten Sint-Ignatius te Antwerpen, colleges die op zijn initiatief in het kader van de bijzondere licentie Maritieme Wetenschappen opengesteld werden voor *werkstudenten*, m.a.w. voor personen werkzaam in de haven die een gespecialiseerd diploma wensten te verwerven.

Gastcolleges aan verscheidene buitenlandse universiteiten, voordrachten op internationale colloquia en congressen in de voornaamste werelddhavens, opdrachten als expert en consultant o.m. in het kader van de UNCTAD en wetenschappelijke publicaties in Belgische en buitenlandse vakbladen, maakten hem vertrouwd met de toestand in de havens in de ontwikkelingslanden en leidden tot de oprichting van *Antwerp Port Engineering and Consulting*. Deze v.z.w. stelt zich tot doel de Antwerpse *know-how* over te dragen op wereldvlak door o.m. buitenlanders de kans te geven enkele maanden tot zelfs een jaar als stagiair in Antwerpen te verblijven.

Voor zijn grote verdiensten ontving hij in 1991 de *Maritime Award of the Year* en werd hij in 1992 in de erfelijke adelstand verheven.

De Klasse voor Technische Wetenschappen heeft tijdens haar zitting van 30 juni jl. twee laureaten *ex-aequo* van de Prijs voor Havenstudies Directeur-Generaal Fernand Suykens aangeduid :

- Brian HOYLE, voor zijn werk „Ports, port cities and coastal zones : development, interdependence and competition in East Africa”.
- Eric VAN HOOYDONCK, voor zijn werk „Grondslagen en draagwijdte van de havenbestuurlijke autonomie”.

Daar de Heer Suykens vandaag als Voorzitter van de Organisatie van de Europese Havens een voordracht geeft voor de jaarvergadering van de *American Association of Port Authorities* in New Orleans, en zich voor zijn afwezigheid verontschuldigt, zou ik aan onze Voorzitter willen vragen deze prijs te overhandigen.



**CLASSE DES SCIENCES MORALES  
ET POLITIQUES**

---

**KLASSE VOOR MORELE  
EN POLITIEKE WETENSCHAPPEN**

## Séance du 21 novembre 1995

(Extrait du procès-verbal)

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

*Sont en outre présents* : MM. A. Coupez, P. de Maret, A. Gérard, J. Jacobs, F. Reyntjens, J. Ryckmans, A. Stenmans, membres titulaires ; M. P. Collard, Mme A. Dorsinfang-Smets, M. J. Klener, R.P. F. Neyt, MM. S. Plasschaert, U. Vermeulen, membres associés ; et M. J.-J. Symoens, Secrétaire perpétuel honoraire.

*Ont fait part de leur regret de ne pouvoir assister à la séance* : MM. R. Anciaux, H. Baetens Beardsmore, R. Devisch, Mme M. Engelborghs-Bertels, MM. J. Everaert, M. Graulich, P. Raymaekers, P. Salmon, E. Vandewoude, J.-L. Vellut.

Le Directeur accueille MM. J. Klener et U. Vermeulen qui assistent pour la première fois à nos séances.

### Décès de M. Jean-Paul Harroy

Le Directeur annonce le décès de M. J.-P. Harroy, survenu le 8 juillet 1995 à Bruxelles.

Il retrace brièvement la carrière du Confrère disparu.

La Classe observe une minute de silence à la mémoire du défunt.

M. J.-J. Symoens, Secrétaire perpétuel honoraire, est désigné pour la rédaction de l'éloge de M. Harroy.

### „De 'Beta Israël' of Ethiopische joden”

M. J. Klener présente une communication intitulée comme ci-dessus.

MM. S. Plasschaert, A. Gérard, J. Jacobs, U. Vermeulen et P. de Maret interviennent dans la discussion.

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

### Commission administrative

Le mandat de Mme P. Boelens-Bouvier au sein de la Commission administrative expire au 31 décembre 1995.

La Classe approuve la proposition de la Commission de lui confier un nouveau mandat à partir du 1<sup>er</sup> janvier 1996.

## Zitting van 21 november 1995

(Uittreksel van de notulen)

De zitting wordt om 14 u. 30 geopend door M. F. de Hen, Directeur, bijgestaan door Mevr. Y. Verhasselt, Vast Secretaris.

*Zijn bovendien aanwezig*: de HH. A. Coupez, P. de Maret, A. Gérard, J. Jacobs, F. Reyntjens, J. Ryckmans, A. Stenmans, werkende leden; M. P. Collard, Mevr. A. Dorsin角度-Smets, M. J. Klener, E.P. F. Neyt, de HH. S. Plasschaert, U. Vermeulen, geassocieerde leden; en M. J.-J. Symoens, Erevast Secretaris.

*Betuigden hun spijt niet aan de zitting te kunnen deelnemen*: de HH. R. Anciaux, H. Baetens Beardsmore, R. Devisch, Mevr. M. Engelborghs-Bertels, de HH. J. Everaert, M. Graulich, P. Raymackers, P. Salmon, E. Vandewoude, J.-L. Vellut.

De Directeur verwelkomt de HH. J. Klener en U. Vermeulen, die voor het eerst een zitting bijwonen.

### Overlijden van M. Jean-Paul Harroy

De Directeur kondigt het overlijden op 8 juli 1995 te Brussel aan van M. J.-P. Harroy.

Hij geeft een bondig overzicht van de carrière van de overleden Confrater.

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

M. J.-J. Symoens, Erevast Secretaris, wordt aangeduid om de lofrede van M. Harroy op te stellen.

### De 'Beta Israël' of Ethiopische joden

M. J. Klener stelt een mededeling voor getiteld als hierboven.

De HH. S. Plasschaert, A. Gérard, J. Jacobs, U. Vermeulen en P. de Maret nemen aan de bespreking deel.

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

### Bestuurscommissie

Het mandaat van Mevr. P. Boelens-Bouvier binnen de Bestuurscommissie vervalt op 31 december 1995.

De Klasse gaat akkoord met het voorstel om haar een nieuw mandaat toe te vertrouwen met ingang van 1 januari 1996.

### Nominations

Par arrêté ministériel du 22 août 1995, MM. J. Klener, H. Legros et J. Vermeulen ont été nommés membres associés, et M. M. Aris a été nommé membre correspondant.

#### «International Conference on Tropical Climatology, Meteorology and Hydrology — *in memoriam* F. Bultot (1924-1995)»

Le Directeur annonce l'organisation, en collaboration avec l'Institut Royal de Météorologie de Belgique, d'une conférence intitulée «International Conference on Tropical Climatology, Meteorology and Hydrology — *in memoriam* F. Bultot (1924-1995)». Elle se tiendra du 22 au 24 mai 1996. Les membres intéressés sont priés de le faire savoir au moyen du formulaire d'enregistrement joint à la première circulaire.

#### «Koninklijk Instituut voor de Tropen»

M. V. Drachoussoff a accepté la fonction de suppléant de M. J. Jacobs au sein du groupe de travail chargé de concrétiser notre accord avec cette institution.

### Rwanda

Le groupe de travail constitué autour du thème du Rwanda s'est réuni sous la coordination de M. E. Lamy le 6 octobre dernier et se réunira à nouveau le 8 décembre. Le groupe envisage d'organiser un colloque consacré à l'Afrique des Grands Lacs.

### Unesco

Les représentants du groupe de travail «Unesco» se sont réunis les 12 et 25 octobre derniers sous la coordination de M. J.-J. Symoens, Secrétaire perpétuel honoraire. Le groupe s'est penché sur la problématique des universités africaines. Une séance commune avec les représentants de l'Unesco est envisagée pour le début de l'année 1996.

### Antarctique

Conformément au souhait de plusieurs membres, l'Académie a pris part à la réunion du Comité National Belge pour la Recherche Antarctique qui s'est tenue le 10 octobre dernier en vue de la commémoration du centenaire de la Belgica. Plusieurs publications, des expositions et l'organisation d'un symposium sont envisagées. Les membres souhaitant participer à ces activités sont priés de le faire savoir au secrétariat de l'Académie.

### Benoemingen

Bij ministerieel besluit van 22 augustus 1995 werden de HH. J. Klener, H. Legros en J. Vermeulen tot geassocieerd lid en M. M. Aris tot corresponderend lid benoemd.

#### „International Conference on Tropical Climatology, Meteorology and Hydrology — *in memoriam* F. Bultot (1924-1995)“

De Directeur meldt dat de Academie, in samenwerking met het Koninklijk Meteorologisch Instituut van België, van 20 tot 24 mei 1996 een „International Conference on Tropical Climatology, Meteorology and Hydrology — *in memoriam* F. Bultot (1924-1995)“ zal organiseren. De leden die hiervoor belangstelling hebben, worden verzocht het inschrijvingsformulier uit de eerste rondzendbrief terug te sturen.

### Koninklijk Instituut voor de Tropen

M. V. Drachoussoff verklaarde zich bereid de functie van plaatsvervanger van M. J. Jacobs waar te nemen binnen de werkgroep belast met het concretiseren van ons akkoord met deze instelling.

### Rwanda

De werkgroep Rwanda vergaderde op 6 oktober jl. met M. E. Lamy als coördinator ; een tweede vergadering is gepland voor 8 december e.k. De groep overweegt een colloquium te organiseren gewijd aan het Afrika der Grote Meren.

### Unesco

De vertegenwoordigers van de werkgroep Unesco vergaderden o.l.v. Erevast Secretaris J.-J. Symoens op 12 en 25 oktober jl. en paktten de problematiek van de Afrikaanse universiteiten aan. Een gemeenschappelijke zitting met de vertegenwoordigers van de Unesco is voor begin 1996 gepland.

### Antarctica

Gevolg gevend aan de wens van verschillende leden, heeft de Academie deelgenomen aan de vergadering van het Belgisch Nationaal Comité voor Antarctisch Onderzoek. Deze vond plaats op 10 oktober jl. met het oog op de herdenking van de honderdste verjaardag van de Belgica. Worden overwogen : verschillende publicaties, tentoonstellingen en de organisatie van een symposium. De leden die aan deze werkzaamheden wensen deel te nemen, worden verzocht dit aan het secretariaat van de Academie mee te delen.

### **Congrès Régional Arabe de Population**

Un Congrès Régional Arabe de Population organisé par la «International Union for the Scientific Study of Population» se tiendra au Caire du 8 au 12 décembre 1996. Des informations complémentaires peuvent être obtenues au secrétariat.

La séance est levée à 16 h 40.  
Elle est suivie d'un Comité secret.

**„Arab Regional Population Conference”**

Van 8 tot 12 december 1996 zal in Caïro een „Arab Regional Population Conference” plaatsvinden, georganiseerd door de „International Union for the Scientific Study of Population”. Bijkomende informatie is op het secretariaat beschikbaar.

De zitting wordt om 16 u. 40 geheven.  
Zij wordt gevolgd door een Besloten Vergadering.

## Séance du 12 décembre 1995

(Extrait du procès-verbal)

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

*Sont en outre présents* : MM. A. Coupez, P. de Maret, J. Everaert, Mme C. Grégoire, MM. J. Jacobs, J. Ryckmans, P. Salmon, A. Stenmans, membres titulaires ; M. J. Klener, membre associé ; M. E. De Langhe, membre de la Classe des Sciences naturelles et médicales, et M. J.-J. Symoens, Secrétaire perpétuel honoraire.

*Ont fait part de leur regret de ne pouvoir assister à la séance* : M. H. Baetens Beardsmore, Mme P. Boelens-Bouvier, MM. P. Collard, R. Devisch, Mme A. Dorsinfang-Smets, MM. M. Graulich, E. Lamy, M. Luwel, R.P. F. Neyt, MM. F. Reyntjens, R. Rezsohazy, J.-L. Vellut, E. Vandewoude.

### Eloge de M. Jean Comhaire

M. P. Salmon prononce l'éloge de M. J. Comhaire.

La Classe observe une minute de silence à la mémoire du Confrère disparu. Le texte de cet éloge paraîtra dans l'*Annuaire* 1996.

### «De pottenbakkerskunst van Aibom (provincie Sepik) en Bilbil (provincie Madang) in Papoea - Nieuw-Guinea»

Mme E. Bruyninx de l'Université de Gand présente une communication intitulée comme ci-dessus.

MM. J. Jacobs, P. de Maret et F. de Hen interviennent dans la discussion.

La Classe désigne M. J. Jacobs en qualité de rapporteur. Un second rapporteur sera sollicité.

### Lexicostatistique bantoue : nouveau calcul portant sur 440 langues

M. A. Coupez présente une étude intitulée comme ci-dessus et effectuée en collaboration avec Mme Y. Bastin, MM. M. Mann et J. Vansina.

M. J. Jacobs intervient dans la discussion.

Cette étude étant encore en cours de réalisation, M. A. Coupez ne souhaite pas la publier dans le *Bulletin des Séances*.



## Zitting van 12 december 1995

(Uittreksel van de notulen)

De zitting wordt om 14 u. 30 geopend door M. F. de Hen, Directeur, bijgestaan door Mevr. Y. Verhasselt, Vast Secretaris.

*Zijn bovendien aanwezig* : de HH. A. Coupez, P. de Maret, J. Everaert, Mevr. C. Grégoire, de HH. J. Jacobs, J. Ryckmans, P. Salmon, A. Stenmans, werkende leden ; M. J. Klener, geassocieerd lid ; M. E. De Langhe, lid van de Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen, en M. J.-J. Symoens, Erevast Secretaris.

*Betuigden hun spijt niet aan de zitting te kunnen deelnemen* : M. H. Baetens Beardsmore, Mevr. P. Boelens-Bouvier, de HH. P. Collard, R. Devisch, Mevr. A. Dorsinfang-Smets, de HH. M. Graulich, E. Lamy, M. Luwel, E.P. F. Neyt, de HH. F. Reyntjens, R. Rezsohazy, J.-L. Vellut, E. Vandewoude.

### Lofrede van M. Jean Comhaire

M. P. Salmon spreekt de lofrede van M. J. Comhaire uit.

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

De tekst van deze lofrede zal in het *Jaarboek* 1996 verschijnen.

### De pottenbakkerskunst van Aibom (provincie Sepik) en Bilbil (provincie Madang) in Papoea - Nieuw-Guinea

Mevr. E. Bruyninx, Universiteit Gent, stelt een mededeling voor getiteld als hierboven.

De HH. J. Jacobs, P. de Maret en F. de Hen nemen aan de bespreking deel.

De Klasse duidt M. J. Jacobs als verslaggever aan. Een tweede verslaggever zal aangezocht worden.

### „Lexicostatistique bantoue : nouveau calcul portant sur 440 langues”

M. A. Coupez stelt een studie voor, uitgevoerd in samenwerking met Mevr. Y. Bastin, de HH. M. Mann en J. Vansina, en getiteld als hierboven.

M. J. Jacobs neemt aan de bespreking deel.

Omdat dit onderzoek nog aan de gang is, wenst M. A. Coupez deze studie niet in de *Mededelingen der Zittingen* te publiceren.

**«De traditionele Fluit (Qena) bij de Aymara van Walata Grande  
(Provincie Omasuyos - Departement La Paz - Bolivia)»**

Mme I. Verstraete a présenté une communication intitulée comme ci-dessus lors de la séance du 17 janvier 1995.

Après avoir entendu les rapports de MM. J. Jacobs et M. Graulich, la Classe décide la publication de cette étude dans le *Bulletin des Séances* (pp. 573-591).

**Comité secret**

Les membres titulaires et titulaires honoraires réunis en Comité secret élisent par un vote secret M. F. Reyntjens en qualité de Vice-Directeur pour 1996.

La séance est levée à 17 h 20.

**De traditionele Fluit (Qena) bij de Aymara van Walata Grande  
(Provincie Omasuyos - Departement La Paz - Bolivia)**

Mevr. I. Verstraete heeft tijdens de zitting van 17 januari 1995 een mededeling voorgesteld getiteld als hierboven.

Na de rapporten van de HH. J. Jacobs en M. Graulich te hebben gehoord, beslist de Klasse deze studie in de *Mededelingen der Zittingen* te publiceren (pp. 573-591).

**Besloten Vergadering**

De werkende en erewerkende leden, in Besloten Vergadering bijeen, verkiezen bij geheime stemming M. F. Reyntjens tot Vice-Directeur voor 1996.

De zitting wordt om 17 u. 20 geheven.

## De traditionele Fluit (Qena) bij de Aymara van Walata Grande (Provincie Omasuyos – Departement La Paz – Bolivia) \*

door

I. VERSTRAETE \*\*

TREFWOORDEN. — Aymara ; Bolivia ; Etnomusicologie ; Qena.

SAMENVATTING. — Walata Grande is een Aymara-dorp gelegen in de nabijheid van het Titicacameer, waar ongeveer 80% van de economische activiteit erin bestaat blaasinstrumenten (commerciële maar voornamelijk traditionele) te vervaardigen. De traditionele blaasinstrumenten worden verkocht in verschillende provincies van het departement La Paz (bijvoorbeeld Aroma, Camacho, Omasuyos, Larecaja, enz.) en zijn representatief voor de traditionele Aymara-blaasinstrumenten in gebruik in die streken. De Walateños kennen de eisen inzake de afmetingen en stemmingen van de verschillende bovenvernoemde gebieden en vervaardigen de blaasinstrumenten dan ook in functie van die eisen. In Walata Grande worden ten minste zes verschillende soorten qena's vervaardigd. Deze soorten qena's verschillen van elkaar in hun afmetingen, stemming, streek waar ze bespeeld worden, en vooral in de muziek, dans en betekenis hiervan. Elk van die soorten qena's wordt in een tropa bespeeld. Een tropa is een groep qena's samengesteld uit dezelfde soort qena, die in verschillende afmetingen voorkomt. De vervaardiging van de qena's is eveneens een interessante studie, vooral dan wat betreft de stemming ervan. Er werd bijvoorbeeld vastgesteld dat er enkele constanten zijn inzake de afwijkingen ten opzichte van de welgetemperde stemming tussen de qena's tayka's en hun respectievelijke mala's die te laag klinken. Bij vergelijking van de qena's uit Walata Grande met die uit andere Aymara-streken wordt de kwestie van de traditionele qena's ingewikkelder. Uiteraard komen in andere streken andere soorten qena's voor. Maar het kan ook gebeuren dat dezelfde qena's die in het departement La Paz bespeeld worden onder een andere naam voorkomen in andere gebieden, wat ons tot de problematiek van de nomenclatuur van de blaasinstrumenten in de Altiplano brengt.

RESUME. — *La Flûte traditionnelle (Qena) chez les Aymara de Walata Grande (Province Omasuyos - Département La Paz - Bolivie).* — Walata Grande est un village Aymara situé à proximité du lac Titicaca, où 80% de l'activité économique consiste en la fabrication d'instruments à vent (traditionnels mais également commerciaux).

\* Mededeling voorgelegd tijdens de zitting van de Klasse voor Morele en Politieke Wetenschappen gehouden op 17 januari 1995. Tekst ontvangen op 22 juni 1995. Beslissing tot publicatie genomen op 12 december 1995.

\*\* Docente Universidad Autónoma Tomás Frías, Potosí (Bolivia).

Les instruments à vent traditionnels sont vendus dans les différentes provinces du département de La Paz (par exemple Aroma, Camacho, Omasuyos, Larecacha, etc.) et sont représentatifs des instruments à vent Aymara traditionnels utilisés dans ces régions. Les Walateños connaissent les exigences en matière de dimensions et d'accord pour les différentes régions mentionnées et en tiennent dès lors compte lors de la fabrication des instruments à vent. A Walata Grande, au moins six sortes distinctes de qenas sont fabriquées ; elles diffèrent par leurs dimensions, leur accord, leur région d'utilisation et surtout par la musique, la danse et leur signification. Chaque sorte de qena est utilisée au sein d'un tropa, c'est-à-dire un groupe de qenas de même type mais de dimensions différentes. La fabrication des qenas est également un sujet d'étude intéressant, surtout en ce qui concerne l'accord de ces instruments. On a constaté par exemple qu'il existe des constantes parmi les divergences d'accord entre les qenas taykas et leur correspondants mala dont le son est trop grave. La comparaison des qenas de Walata Grande avec celles des autres régions Aymara rend la question des qenas traditionnelles encore plus complexe. On rencontre en effet d'autres types de qenas dans d'autres régions. Il arrive aussi que les qenas jouées dans le département de La Paz se retrouvent dans d'autres régions mais sous des noms différents, ce qui nous amène à la problématique de la nomenclature des instruments à vent dans l'Altiplano.

SUMMARY. — *The Traditional Flute (Qena) of the Aymara of Walata Grande (Province of Omasuyos - Department La Paz - Bolivia).* — Walata Grande is an Aymara village located near Titicaca Lake where 80% of the economic activity consists in making (traditional but also commercial) wind instruments. The traditional wind instruments are sold in the various provinces of the department of La Paz (e.g. Aroma, Camacho, Omasuyos, Larecacha, etc.) and are typical of traditional Aymara wind instruments used in these regions. The Walateños know the requirements about the size and tuning of wind instruments for the different regions mentioned above and therefore take it into account when making them. In Walata Grande, at least six distinct types of qenas are made ; they differ in their size, their tuning, the region where they are played and especially in the music, dance and their meaning. Each sort of qena is used within a tropa, i.e. a group of qenas of the same kind but of different size. The making of qenas is also a worthwhile study, especially as far as the tuning of these instruments is concerned. For example it has been found that there are permanent features among the differences of tuning between the taykas qenas and their respective mala, the sound of which is too low. The comparison of qenas from Walata Grande with those of the other Aymara regions makes the matter of traditional qenas even more complicated. Other types of qenas have actually been found in other regions. It also happens that the qenas played in the department of La Paz are found as well in other regions but under different names, which leads us to the problem of the nomenclature of wind instruments in the Altiplano.

## 1. Inleiding

Tot de belangrijkste indianengroepen in Bolivia behoren de Aymara en de Quechua. Walata (Huallata) Grande is een Aymara-gemeenschap gevestigd op een hoogte van ongeveer 3 800 m, in de nabijheid van het Titicacameer en op 114 km van La Paz (Fig. 1). Dit dorp maakt deel uit van het kanton Warisata in de provincie Omasuyos.

De belangrijkste economische activiteit van Walata Grande is de fabricatie van muziekinstrumenten, en meer bepaald van aërofonen. Omwille van het ruwe klimaat komt de landbouwactiviteit pas op de tweede plaats. Inzake de aërofonen die door de Walateños vervaardigd en verkocht worden, moet er een belangrijk onderscheid gemaakt worden tussen de instrumenten bestemd voor lokaal gebruik en deze voor de export.

### 1.1. INSTRUMENTEN VOOR DE REGIONALE EN RURALE VRAAG

De vervaardiging en de verkoop van deze instrumenten wordt gedetermineerd door de agrarische cyclus en door bepaalde religieuze feesten. De meeste Walateños zijn gespecialiseerd in de vervaardiging van één welbepaald aërofoon. De verkoop ervan gebeurt op regionale feesten en markten in verschillende provincies van het departement La Paz zoals Omasuyos, Larecaja, Camacho, Aroma. Op aanvraag maken de Walateños immers blaasinstrumenten die typisch zijn voor een of andere streek en niet noodzakelijk in hun eigen dorp bespeeld worden. De Walateños bezitten alle afmetingen waaraan deze verschillende instrumenten moeten beantwoorden. Vandaar dat de aërofonen vervaardigd in Walata Grande als representatief beschouwd mogen worden voor aërofonen uit de hele streek. De verkoop van deze instrumenten gebeurt in overeenkomst met de twee klimatologische perioden: het regenseizoen en het droge seizoen. Gedurende het regenseizoen vindt de grootste productie van het jaar plaats. In die periode worden vooral *moceño's*, *pinkillu's* en *targa's* vervaardigd. Gedurende het droge seizoen vervaardigen de Walateños vooral *siku's* en *qena's*.

### 1.2. DE INSTRUMENTEN BESTEMD VOOR DE EXPORT

De verkoop van deze muziekinstrumenten gebeurt via de „Cooperativa de Artisanos Walata Grande Limitada”, gesticht op 27 augustus 1978 voor de export van de instrumenten, onder meer naar Europese landen zoals Engeland en Duitsland. Deze instrumenten verschillen van de traditionele door vernis, gravering, beschildering en stemming. Zij behoren niet tot de traditionele instrumenten in de strikte zin van het woord.

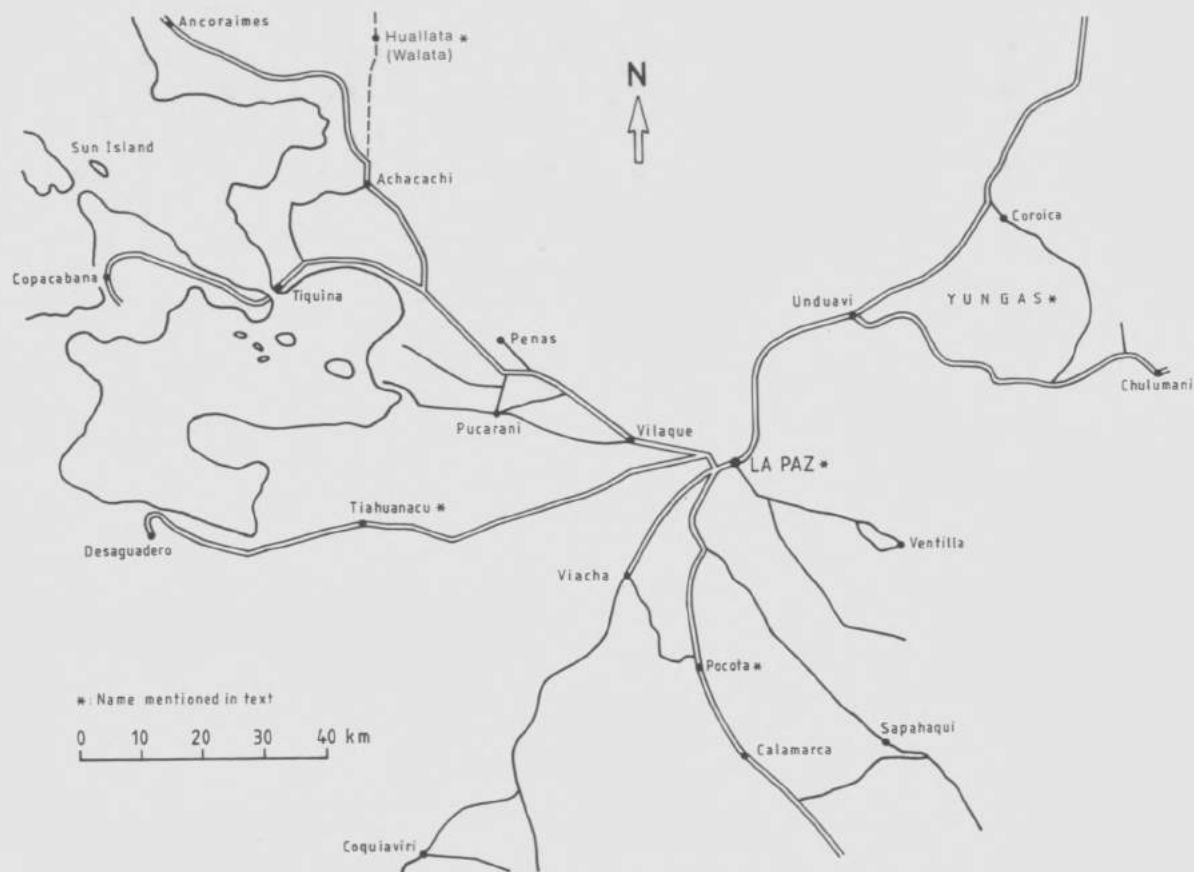


Fig. 1. — Omgeving van La Paz, met situering van Walata Grande.  
 (BUECHLER, H. 1980. The masked media, Mouton Publishers, The Hague, p. 14.)

## 2. Soorten traditionele gena's

De *gena's* (Fig. 2) behoren tot de blaasinstrumenten met gerichte luchtstroom, meer bepaald tot de rechte fluiten waar onmiddellijk tegen de rand van het aanblaasgat geblazen wordt.

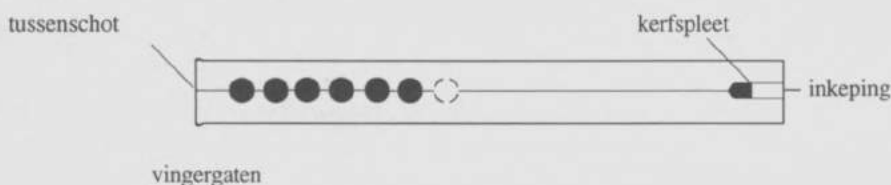


Fig. 2. — De *gena's* behoren tot de rechte fluiten.

De traditionele *gena's* uit Walata Grande zijn vervaardigd uit bamboe of riet. Ze hebben een cilindrisch lichaam. Het aantal vingergaten varieert van vier tot zes, al dan niet met een duimgat. In de regel hebben ze geen mondstuk. Op de aanblaasrand is een inkeping aangebracht. Bij het blazen stoot de luchtstroom tegen de kerfspleet van de inkeping en komt tot trilling. Uitzonderlijk kunnen *gena's* met mondstuk voorkomen. In dat geval gaat het om rechte fluiten waar de lucht door het mondstuk tegen de kerfspleet gericht wordt.

In Walata Grande werden in totaal zes verschillende soorten *gena's* gereper-toorieerd. De classificering gebeurt naargelang de lengte van het instrument, de dikte van de bamboe of het riet, en het aantal vingergaten. Elke soort *gena* vormt een groep (*tropa*) op zich waarin een onderverdeling, naargelang de lengte van de instrumenten, mogelijk is.

Elke groep *gena's* bestaat uit paren: een *gena tayka* en een *gena mala*. Beide hebben een verschillende lengte. In theorie is de lengte van de *gena mala* twee derden van de lengte van de *gena tayka*. De *gena mala* klinkt dus een reïne kwint hoger dan de *gena tayka*. Hierbij moet vermeld worden dat dit vaak slechts approximatief is omdat de *mala's* zelden precies twee derden van de lengte van de *tayka's* hebben.

Een *tapa* is een mondstuk of voorbuis aan de *gena* toegevoegd. Zoals te zien is op figuur 3, blijft de inkeping van een *gena* met *tapa* op dezelfde hoogte als die van een *gena* zonder *tapa*. In de holte van het mondgedeelte wordt een blokje hout geplaatst. Dat blokje vult het mondgedeelte niet volledig zodat een luchtkanaal ontstaat. Bijgevolg heeft men een geleide luchtstroom bij het blazen.

Het blokje hout vertoont onderaan een boogvorm. Een *gena* met *tapa* behoudt dezelfde toonhoogten als dezelfde *gena* zonder *tapa*. De plaats waar de luchtstroom tegen de kerfspleet stoot ligt immers op gelijke hoogte. Ook



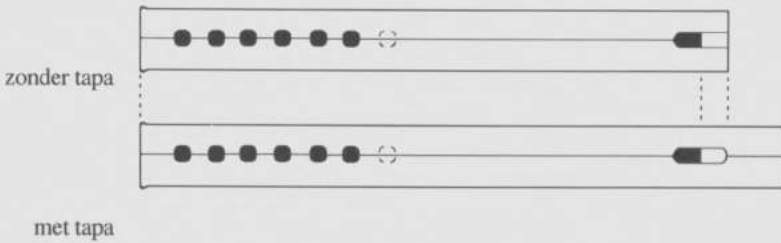


Fig. 3. — Traditionele qena's hebben geen mondstuk ; uitzonderlijk komen zij voor met mondstuk.

de vingerzetting blijft identisch voor beide instrumenten. Er is wel een verschil in klankkleur. Volgens onze informant Antonio Mamani Silvestre uit Walata Grande kunnen alle *qena's* die door de Aymara's bespeeld worden met een *tapa* voorkomen. Het omgekeerde is echter niet het geval. Een *qoana mala* zal nooit voorkomen zonder *tapa*. Dit is wel de enige uitzondering. Oudere mensen zullen eerder de voorkeur geven aan een *qena* met *tapa*, die minder kracht vraagt bij het blazen (Fig. 4).

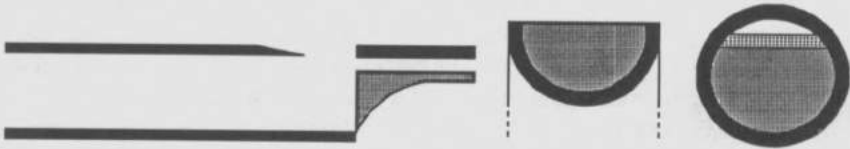


Fig. 4. — Tapa.

De verschillende soorten *qena's* worden in groepen ingedeeld. De benaming ervan gebeurt volgens de lengte. Volgens het woordenboek van MANUEL DE LUCCE D. duidt het Aymara woord *tama* (1987, p. 153) op een groep, *jach'a* (o.c., p. 59) betekent groot, *taipi* wil zeggen gemiddeld, en onder *jisk'a* (o.c., p. 75) wordt klein verstaan. Alle *qena's* behorende tot dezelfde soort vormen een *tropa*. De verschillende soorten traditionele *qena's* uit Walata Grande worden hieronder opgesomd (Tabel I).

De *pusi p'ia's* behoren tot de grootste *qena's* die in Walata Grande gemaakt worden ; ze hebben vier vingergaten, vandaar hun naam. In het Aymara betekent *pusi* vier, en *p'ia* gaten. Het onderste vingergat ligt niet in de lijn van de overige vingergaten, wel iets naar rechts.

Waar er bij de andere soorten *qena's* geen belangrijke verschillen zijn tussen de *tayka's* en de *mala's*, is dit wel het geval bij de *qoana's*.

a. De *qoana tayka* is, zoals de meeste traditionele *qena's* uit Walata Grande, gemaakt uit *togoro*, een soort bamboe uit de Yungas. De *qoana tayka* telt

Tabel I

De traditionele qena's uit Walata Grande

Soort / groep / T-M		Lengte (cm)	Aantal vingergaten	Duimgat
<i>Pusi p'ia</i>				
<i>jach'a tama</i>	<i>tayka</i>	84,15	4	—
	<i>mala</i>	56,60	4	—
<i>taipi tama</i>	<i>tayka</i>	76,05	4	—
	<i>mala</i>	50,00	4	—
<i>jisk'a tama</i>	<i>tayka</i>	70,00	4	—
	<i>mala</i>	45,50	4	—
<i>Qoana</i>				
	<i>tayka</i>	62,90	5	—
	<i>mala</i>	40,40	6	1
<i>Mullu</i>				
<i>jach'a tama</i>	<i>tayka</i>	59,00	6	1
	<i>mala</i>	39,10	6	1
<i>taipi tama</i>	<i>tayka</i>	57,90	6	1
	<i>mala</i>	38,50	6	1
<i>jisk'a tama</i>	<i>tayka</i>	55,65	6	1
	<i>mala</i>	37,90	6	1
<i>Qena-qena</i>				
<i>jach'a tama</i>	<i>tayka</i>	56,00	6	1
	<i>mala</i>	38,00	6	1
<i>qena-qena</i>	<i>tayka</i>	49,80	6	1
	<i>mala</i>	33,20	6	1
<i>Choquela</i>				
<i>ch'ililay</i>	<i>tayka</i>	50,50	5	1
	<i>mala</i>	34,15	5	1
<i>qaroani</i>	<i>tayka</i>	46,20	6	1
	<i>mala</i>	30,85	6	1
<i>Chatripula</i>				
	<i>tayka</i>	43,40	6	1
	<i>mala</i>	30,90	6	1

vijf vingergaten. Net zoals bij de *pusi p'ia's* ligt het vijfde vingergat niet in de lijn van de andere vingergaten maar iets naar rechts.

b. De *qoana mala* wordt vervaardigd uit *sokosa*, een soort riet dat, zoals *togoro*, door de Walateños uit de Yungas gehaald wordt. De *qoana mala* is de enige traditionele *qena* uit Walata Grande die steeds met een *tapa* voorkomt. Haar tussenschot is gelegen tussen het eerste vingergat en het duimgat. Dat tussenschot is doorboord om de luchtstroom door te laten bij het blazen. De andere *qena's* zijn zo gemaakt dat het tussenschot van de *togoro* de onderkant van het instrument vormt.

### 3. Vervaardiging van de traditionele qena's

#### 3.1. GRONDSTOF

De *qena's* in Walata Grande worden tegenwoordig allemaal vervaardigd uit bamboe (*togoro*), met uitzondering van de *qoana mala* die uit riet (*sokosa*) gemaakt wordt.

De Walateños gaan eens per jaar naar de Yungas, waar de nodige bamboe- en rietplanten te vinden zijn. In de Yungas heerst namelijk een warm en tropisch klimaat dat gunstig is voor de groei van deze planten.

Voor de vervaardiging zijn volwassen planten nodig die een ouderdom van zeven tot acht jaar hebben. Eens de juiste keuze gedaan is, worden de bamboe- en rietstokken omgehakt ter hoogte van de tussenschotten. Men laat de stokken ongeveer twee weken ter plaatse drogen in de zon. Pas dan worden ze vervoerd naar het dorp, waar de Walateños ze opstapelen in de huizen om het uitdrogingsproces verder te doen gaan. Eens de bamboe- en rietstokken volledig gedroogd zijn, kunnen ze bewerkt worden.

#### 3.2. INSTRUMENTARIUM

De benamingen die hier aan de werktuigen (Fig. 5) gegeven worden zijn de meest frequent gebruikte in Walata Grande. Het gaat zowel om Aymara (Ay.) benamingen als om Spaanse (Sp.).

1. *Serrucho* (Sp.): een metalen zaag met twee handvatten.
2. *Pijenja* (Ay.): ook wel *piana* genoemd. Dit is een puntmes met één scherpe zijde en een korte punt aan het uiteinde. Het wordt gebruikt voor het afwerken van de perforaties die met een *k'ilaña* gemaakt worden. De *pijenja* kan in verschillende grootten voorkomen.
3. *Ventanaña* (Sp.): een puntmes met één scherpe kant. Het uiteinde van dit mes heeft een grote punt in tegenstelling tot de *pijenja*. Het wordt gebruikt om de inkeping van het mondstuk te maken. *Ventana* betekent in het Spaans immers „venster”. Het dient ook om een perforatie aan te brengen in het tussenschot dat zich onderaan de qena bevindt.
4. *K'ilaña* (Ay.): een puntmes met aan weerszijden een scherpe rand. Dit mes wordt gebruikt voor de eerste grove perforatie van de vingergaten. De vergroting en verdere afwerking van de vingergaten gebeurt door middel van andere messen.
5. *Kuchuntaña* (Ay.): één van de grootste messen met verschillende functies. Nadat de lengte van de qena bepaald is, dient de *kuchuntaña* om een snede te maken daar waar de bamboe- of rietstok doorgezaagd moet worden. Hetzelfde mes wordt gebruikt om over de hele lengte van de qena een rechte lijn te markeren die als referentie zal dienen voor de plaats van de vingergaten. Uiteindelijk wordt de *kuchuntaña* ook gebruikt om kleine dwarse lijnen te krassen waar de vingergaten zullen komen.

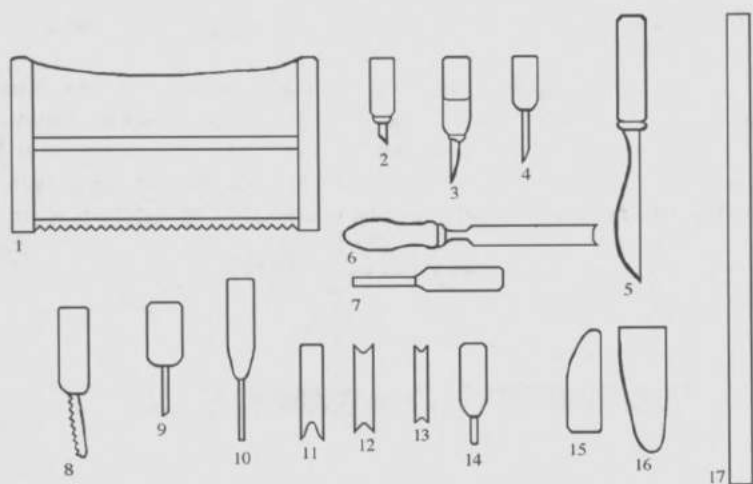


Fig. 5. — Werktuigen gebruikt bij het vervaardigen van de qena's.

6. *Jach'a kurwa* (Ay.): een grote kerfbeitel.
7. *Canaleador* (Sp.): een beitel, kleiner dan de *jach'a kurwa*.
8. *Caserrucho* (Sp.): een kleine zaag met één handgreep.
9. *K'ilaña* (Ay.): zoals beschreven in nummer vier, gaat het hier om een puntmes met aan weerszijden een scherpe rand dat gebruikt wordt voor de perforering van de gaten.
10. *Taipi kurwa* (Ay.): een kerfbeitel van gemiddelde afmeting.
11. *Jach'a kumpas* (Ay.): een soort passer die gebruikt wordt om de vingergaten te tekenen. Er bestaan hiervan verschillende grootten. De *jach'a kumpas* is de grootste.
12. *Taipi kumpas* (Ay.): een passer van middelmatige grootte die gebruikt wordt om de vingergaten te tekenen.
13. *Jisk'a kumpas* (Ay.): een kleinere passer die gebruikt wordt om de vingergaten te tekenen.
14. *Jisk'a bulena* (Ay.): een kerfbeitel.
15. *Aphil qala* (Ay.): steen door R. GUTIERREZ C. (1991, p. 146) *wila kala* genoemd. Het is een slijpsteen, van willekeurige vorm, ongeveer de grootte van een hand en met een witachtige kleur. Hij wordt gebruikt voor het ruwe slijpen van de messen.
16. *Aphil qala* (Ay.): R. GUTIERREZ C. (1991, p. 146) noemt deze steen *ahua absun kala*. Het gaat om een fijne slijpsteen die verschillende grootten kan hebben. Deze donkere steen dient voor het fijne, finale slijpen van de verschillende messen.
17. Lintmeter.

18. *Rodillera de goma* (Sp.): een knielap gebruikt voor het beschermen van de knieën en als steun voor het instrument.

19. *Tuputisi* (Ay.) (Fig. 6): een meetinstrument of mal uit hout waarin de afmetingen van de *qena* gegrift zijn. Aan de ene kant van de mal staan de afmetingen (lengte en plaats van de vingergaten) van de *mala* van een welbepaalde *qena*, en aan de andere kant heeft men de afmetingen van de overeenkomstige *tayka*. De *tuputisi* worden overgeërfd van vader op zoon.

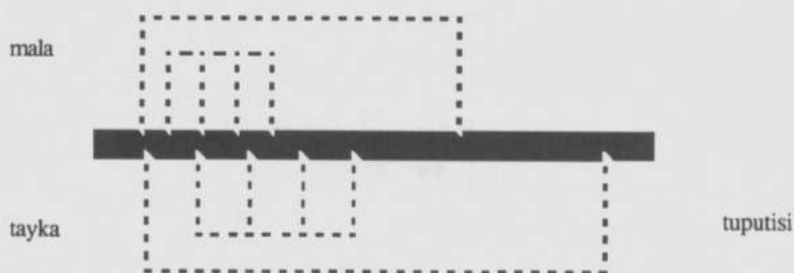


Fig. 6. — *Tuputisi*.

### 3.3. PROCEDURE VOOR DE VERVAARDIGING VAN EEN TRADITIONELE QENA

De werkwijze geldt voor alle traditionele *qena*'s, uitgezonderd de *qoana mala* waar speciale aandacht gaat naar de *tapa*.

1. De keuze van de bamboe (*togoro*) is heel belangrijk want *qena*'s verschillen inzake lengte, dikte en aantal vingergaten. *Togoro* zal pas gebruikt worden als hij volledig droog is, zoniet zouden barsten te voorschijn komen bij temperatuurverandering.

2. Het slijpen van de messen. Vooraf worden de verschillende messen geslepen. Dit gebeurt door speeksel of water op de *aphil kala* aan te brengen. Vervolgens wordt het mes over de steen gewreven tot het scherp genoeg is.

3. De vervaardiging van een traditionele *qena*. De uitgekozen bamboestok (Fig. 7) vertoont aan het ene uiteinde een tussenschot; aan het andere uiteinde is hij volledig open. Het tussenschot zal de onderkant van de *qena* worden. Dit tussenschot wordt met de *serrucho* doorgezaagd, zo dat er nog enkele millimeter overblijven. Vervolgens wordt met de *tuputisi* (maatstaf) de lengte van de *qena* gemeten (Fig. 8).

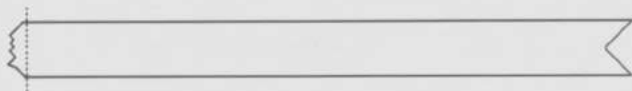


Fig. 7. — Bamboestok waaruit de traditionele *qena* vervaardigd wordt.

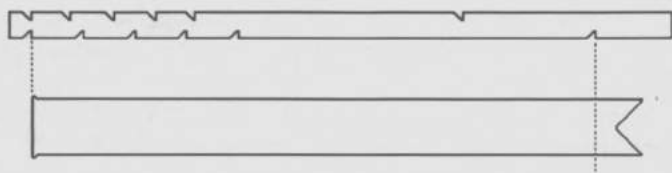


Fig. 8. — Met de *tuputisi* wordt de lengte van de *qena* gemeten.

Een merkteken wordt dan geheel rondom de bamboestok aangebracht met de *kuchuntaña* (een groot mes). Het overblijvende stuk van de bamboestok wordt afgezaagd met de *serrucho*. Door gebruik te maken van de *kuchuntaña* worden de randen van het kopse einde, dat het mondedeelte zal vormen, effen gemaakt. Vervolgens wordt over de hele lengte van de *togoro* een rechte lijn gekrast (Fig. 9) met de *kuchuntaña*. Deze lijn zal als referentie dienen voor de plaats van de vingergaten.



Fig. 9. — De lijn op de *togoro* dient als referentie voor de vingergaten.

De volgende stap (Fig. 10) is het aanbrengen van de markeringen voor de plaats van de vingergaten. De *tuputisi* wordt tegen de bamboestok geplaatst. Kleine merktekens worden aangebracht met de *kuchuntaña*. Die duiden aan waar de bovenkant van het vingergat zal komen.

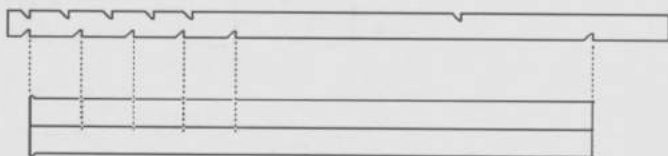


Fig. 10. — De vingergaten worden gemarkeerd met behulp van de *tuputisi* en de *kuchuntaña*.

Door middel van de *k'ilaña* (een puntmes) worden kleine openingen gemaakt die de vingergaten zullen vormen. Daarna worden de vingergaten vergroot (Fig. 11) met de *pijenja* (een puntmes), tot ze ongeveer groot genoeg en cirkelvormig zijn.

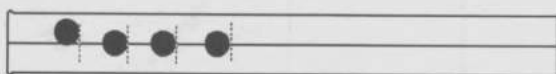


Fig. 11. — De vingergaten worden met de *pijenja* vergroot.

Als de vingergaten klaar zijn, wordt het duimgat gemaakt. Eerst wordt met de *k'ilaña* grofweg een gat gemaakt ; vervolgens wordt dit gat vergroot en afgewerkt met de *pijenja*.

Een volgende stap is het maken van de inkeping (Fig. 12). Met de *k'ilaña* wordt eerst een klein rechthoekig stukje bamboe weggehaald.



Fig. 12. — Er wordt een stukje bamboe weggehaald voor de inkeping.

Met de *ventanaña* wordt de binnenrand van het mondedeelte met een kleine inclinatie afgesneden (Fig. 13).



Fig. 13. — De binnenrand wordt afgesneden.

De inkeping wordt dan vergroot (Fig. 14) met de *ventanaña*.

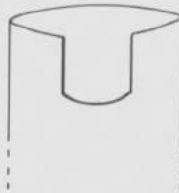


Fig. 14. — De inkeping wordt vergroot.

De zijanten van de inkeping worden met de *ventanaña* afgesneden met een inclinatie naar de binnenkant (Fig. 15).

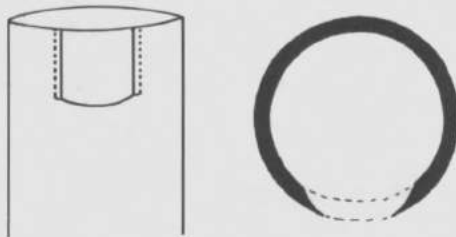


Fig. 15. — De zijanten worden afgesneden.

Uiteindelijk wordt de kerfspleet verscherpt (Fig. 16) door onder de kerfspleet een half ovalen inkerving aan te brengen. Die loopt schuin naar de eigenlijke rand waartegen de luchtstroom zal splijten bij het spelen.

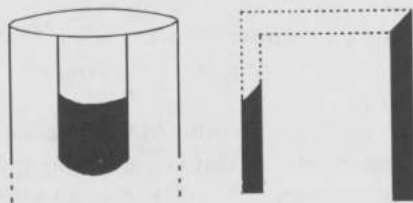


Fig. 16. — Verscherping van de kerfspleet.

Pas nadat de vingergaten en de inkeping gemaakt zijn, wordt het tussenschot onderaan de *qena* opengemaakt met de *k'ilaña* (Fig. 17).

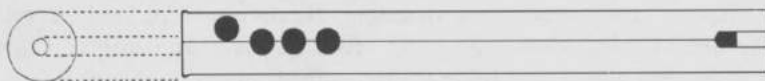


Fig. 17. — Tot slot wordt het tussenschot opengemaakt.

#### 3.4. DE AFWERKING

De *qena* wordt boven een vuur verschroeid om er een bruine kleur aan te geven. Vervolgens wordt ze bewerkt met schuurpapier zodat ze een glad oppervlak krijgt. Ten slotte wordt het binnenste van de *qena* gereinigd om de resterende afval en splinters eruit te verwijderen. Dit gebeurt door met een stukje stof, bevestigd op het uiteinde van een stok, in de *qena* te wrijven.

#### 4. De stemming van traditionele *qena's*

De stemming van de blaasinstrumenten is afhankelijk van de lengte van het instrument, van de plaats en grootte van de vingergaten. Bij traditionele *qena's* uit Walata Grande primeert de symmetrie in de constructie. Dit wil zeggen dat de vingergaten op gelijke afstand van elkaar geboord worden en dat ze dezelfde diameter moeten hebben. Dit heeft gevolgen voor de stemming. Indien de welgetemperde stemming als referentie genomen wordt, valt op dat alle *qena's* afwijkingen vertonen ten opzichte van deze stemming. Deze afwijkingen kunnen gaan tot 45 cents (rekening gehouden met een systematische fout van 5 cents).



Vermits een *qena mala* theoretisch twee derden van de lengte van de overeenkomstige *qena tayka* moet zijn, kan verwacht worden dat de *qena mala* een reine kwint hoger klinkt. Doch, over het algemeen is het interval tussen de *tayka* en de *mala* kleiner. Deze afwijking kan te wijten zijn aan een slordigheid van de instrumentenbouwer. Maar, indien dit inderdaad zo zou zijn, kunnen wij ons afvragen waarom het verwachte kwintinterval steeds kleiner en bijna nooit groter is.

Bovendien wijzen voorlopige resultaten van nog aan de gang zijnde studies aan dat hetzelfde fenomeen zich zou voordoen bij andere blaasinstrumenten. Dit zou een constante kunnen zijn in de stemming van de Aymara-aërofonen.

### 5. Gebruik van de traditionele *qena*'s

Zoals de meeste instrumenten uit het Andesgebied, is de *qena* een blaasinstrument ontworpen voor het samenspel. Een traditionele *qena* wordt nooit alleen bespeeld maar steeds in koorzetting. Hierboven werd reeds uitgelegd dat elke *qena* paarsgewijze voorkomt: *tayka* en *mala*. In een groep *qena*'s zullen steeds een aantal van beide soorten samen optreden. Meestal is er in een groep van twaalf muzikanten slechts één *qena mala*; de elf anderen bespelen de *tayka*. Maar soms kan men in een tropa 25% *mala*'s en 75% *tayka*'s hebben.

De *tayka*'s spelen de melodie en worden gevolgd door de *mala*'s in parallelle kwint. Het kan voorkomen dat de *tayka*'s overblazen, zodat ze een octaaf hoger gaan klinken. Bijgevolg spelen de *tayka*'s en de *mala*'s dan op een reine kwart afstand van elkaar. Ook de *mala* kan overgeblazen worden, zodat het interval tussen de *mala*'s en de *tayka*'s een duodecime is.

Er werd vastgesteld dat in bepaalde gevallen geen *mala* voorkomt. Dit is echter uitzonderlijk.

### 6. Functie en betekenis van de traditionele *qena*'s

De *qena* is een instrument dat samen met de *siku* gespeeld wordt gedurende het droge seizoen en geassocieerd wordt met het mannelijke principe. De *qena* symboliseert de wind en de droogte en staat in relatie met de zuivering van volk en land, met de voorbereiding van de oogsten en de voorbereiding van de aarde voor nieuwe vruchtbaarheid. Zij is vooral te horen gedurende de talrijke oogstrituelen.

Volgens FERNANDEZ (1987, p. 107) wordt de *qena* slechts bespeeld van maart tot juni. De Aymara's verlengen deze periode soms. Hoewel de *qena*'s normaal gedurende het droge seizoen bespeeld worden, geldt dit niet voor de *qoana* en de *ch'ililav choquela* die te horen zijn gedurende de regenperiode.

De melodieën begeleiden specifieke dansen met eigen betekenis. Vele muzikanten, die eveneens dansers zijn, treden tegenwoordig dikwijls in hun dagelijkse kledij op.

De benamingen die aan de dansen gegeven worden zijn dezelfde als die van de *qena's* die deze dansen muzikaal begeleiden. Enkele voorbeelden :

#### 6.1. DE PUSI P'IA DANS

De dans van de *pusi p'ia* is een religieuze verheerlijking van Onze-Lieve-Vrouw van Rosario. De choreografie stelt de teelt van de aardappel voor en de voorspelling van een goede oogst voor het komend jaar. Meestal zijn de dansers terzelfder tijd ook de muzikanten. De dansers staan opgesteld in een kring. De vrouwen kunnen zowel binnen als buiten de cirkel van de mannen dansen. In het midden beweegt zich de *khusillo* die het ritme aangeeft op zijn *caja* (trommel). De *khusillo* is een burlesk personage dat een aap of een duivel voorstelt. Hij draagt een grof wollen masker waarop grote hoorns en een kromme opgaande neus bevestigd zijn. Over zijn schouders draagt hij een grove wollen grijze tuniek. De dansers hebben hoeden op gemaakt uit kleurrijke veren in de vorm van bloemen. Op hun rug dragen ze een doek versierd met goud- en zilverdraden. Verder zijn ze gekleed met witte rokken, witte hemden en donkere vesten. Naargelang de streek wordt deze dans ook *mogohulu* genoemd. Dit betekent in het Aymara „een wesp met witte vleugels”.

#### 6.2. DE QENA-QENA DANS

De *qena-qena* is een oorlogsdans. De dansers die terzelfder tijd ook muzikanten zijn, stappen op de maat van de muziek in een kring. In het midden van de kring danst de *khusillo* die het ritme slaat op een *caja* en gekleed is zoals in de *pusi p'ia* dans. De dansers dragen op het hoofd een *chchotko*. Dit is een wollen zwarte hoed versierd met zilveren borduurwerk. Daarboven dragen ze een *llaitu*. Dit is een hoed waarop papegaaiëveren in boogvorm bevestigd zijn. Verder dragen ze ook een *saya* (een groot wit geplisseerd kleed). Over hun schouders dragen ze een pantser bedekt met jaguarhuid (*khawa*). De dansers, die eveneens de oorlogskrijgers voorstellen, worden door hun *khawa* onkwetsbaar gemaakt. Waarschijnlijk is dit nog een overblijfsel van de Colla-strijders.

#### 6.3. DE CHOQUELA DANS

Deze dans stelt zowel het telen van de aardappel als de jacht op de vicuña's voor. Er komen verschillende *khusillo's* voor alsook enkele ouderen. Mannen dragen op hun schouders een ploeg. Vrouwen dragen een hoed met *pariwana*-veren evenals een vicuñahuid op hun rug versierd met pompons. De uitvoering van de dans begint met een representatie van het voorbereiden van de aarde ;

hierna wordt het planten van de aardappel voorgesteld, evenals het voorspellen van een goede oogst voor het komend jaar. De ouderen gebruiken hun ploeg om landbouwactiviteiten uit te beelden. De voorstelling van de jacht op de vicuña's is slechts secundair. Eén of meer *khusillo's* hebben in hun handen een opengesneden vicuña. Andere vicuña's staan in een cirkel te midden van de dansers. Er wordt uitgebeeld hoe de jacht op vicuña's vroeger verliep.

## 7. Legendes over traditionele qena's

Naast het algemeen bekende verhaal over de oorsprong van de *qena* bestaan er een aantal legendes over bepaalde traditionele *qena's*.

### 7.1. DE OORSPRONG VAN DE QENA

Een nederige Indiaan was verliefd op een Inca-prinses. Maar zoals verwacht, was er geen enkele hoop op een huwelijk. Het was voor een familielid van de Inca-dynastie immers verboden te huwen met een buitenstaander. Op een dag stierf de prinses van liefdesverdriet. De Indiaan ging haar bewenen op haar graf. Plots hoorde hij een eigenaardig gefluit dat vanuit de grafstenen kwam. Het was de wind die doorheen de beenderen van de mummie waaide en het geluid veroorzaakte. Dit bracht de Indiaan op het idee een fluit te maken uit het scheenbeen van zijn overleden prinses om zijn verdriet te bewenen.

### 7.2. DE ECHO VAN DE PUSI P'IA

(opgenomen door Clementi Mamani Laruta in het kanton Qatawi, provincie Los Andes, departement La Paz)

Het was nog twee dagen voor het feest van de Verheerlijking van God de Vader. De *pusi p'ia*-dansers voerden de *Waxt'anacha* (voorbereiding van de tafel als iets aan een godheid wordt gevraagd. De tafel wordt gedekt met o.a. wierook, lamawas, lanoline, een lamafoetus en zoetigheden) uit. Daarop werd het ritueel van de *Sirina* (ritueel waarbij nieuwe muziek geïmproviseerd wordt) gerealiseerd waarbij elke *pusi p'ia*-danser zijn nieuwe instrumenten meenam om ze voor het eerst te bespelen. Dezelfde instrumenten zouden immers gebruikt worden voor het feest van de Verheerlijking van God de Vader. Midden in de nacht gingen de *pusi p'ia*-dansers, onder toezicht van de *Yatiri* (oude ceremoniemeester) en twee gidsen, naar de bijna ontoegankelijke moerassen. Gedurende het ceremonieel van de *Sirina* werden de nieuwe melodieën uitgedacht. Hierna keerden ze allen haastig weer naar huis terug. In hun haast vergaten ze één van de nieuwe *pusi p'ia's*. Tijdens het feest van de Verheerlijking van God de Vader triomfeerden de *pusi p'ia*-dansers, uitgedost in hun traditionele kledij, over andere muziekgroepen.

Drie maanden na het feest vond een herdersjongen de *pusi p'ia* die achtergelaten was in de moerassen. Hij raapte haar op en nam haar mee naar een grot waar Anchanchu (de god van de echo) soms te horen was. Enige tijd later kwam een reiziger langs met zijn zwaar beladen ezels. Hij ging even uitrusten in de grot. Tot zijn grote vreugde ontdekte hij de *pusi p'ia* en begon die meteen te bespelen. Er kwamen fantastische klanken uit. Thuis teruggekomen werd de reiziger volledig gek. Het instrument werd achtergelaten in een waterput. Vanaf dit ogenblik liet de waterput elke nacht een echo horen. Na enige tijd was de *pusi p'ia* volledig verrot. De vreemde echo verdween. Het water van de waterput droogde volledig op. De waterput was gelegen in de streek van Qatampilla.

### 7.3. DE VOS DIE STIERF AL SPELEND OP EEN QENA-QENA

(opgenomen door Clementi Mamani Laruta in de gemeenschap van Sancachi Chico, provincie Omasuyos, departement La Paz)

Het gebeurde in een gemeenschap gevestigd in een rustig landschap langs de oevers van het Titicacameer. Elke nacht kwam een vos kleine lammeren opvreten. Dit bracht de eigenaars van de schapen in een droevige stemming. Ze plaatsten valstrikken om de vos beet te nemen, maar het vierpotige dier doorzag ze.

Op een dag ontdekte een patrijs een *qena-qena* van middelbare lengte. Hij bestudeerde die grondig en overwoog haar naar zijn schuilplaats mee te nemen, althans dat dacht de vos. De vos ging de patrijs tegemoet. Hij zag dat de patrijs het instrument wou meenemen en vroeg hem : „*P'isaqa* (Ay. : patrijs), leen mij deze *qena-qena*”. Zo begon de conversatie tussen de twee dieren. De patrijs gaf een gunstig antwoord op de vraag van de vos. Een hele poos later zei de vogel : „*Tiwula* (Ay. : vos), er zal een feest plaatshebben in de stoppelakkers. Je zal er verschillende *tawaqu's* (jonge meisjes) zien”. De vos aanvaardde dit voorstel. Beide gingen onmiddellijk op stap. Toen ze op de stoppelakkers aankwamen merkten ze tot hun grote verbazing dat er geen dansers noch andere mensen aanwezig waren. Verbaasd zei de vos : „Hier gebeurt niets”. De patrijs antwoordde hem : „Trek het je niet aan, sluit je ogen en bespeel de *qena-qena* voor het geval er toch *tawaqu's* zouden komen om met jou te dansen”. De vos aanvaardde dit voorstel, sloot zijn ogen en begon het muziekinstrument te bespelen. Intussen stak de patrijs voorzichtig de stoppelakkers in brand en verdween snel. De vos speelde verder. Pas toen hij het vuur op zijn lichaam voelde opende hij zijn ogen, maar het was al te laat. De vos werd levend verbrand. Zo betaalde de slechte vos zijn schuld. De patrijs bracht gerechtigheid dankzij de *qena-qena*.

## 8. Problematiek van de nomenclatuur van traditionele *qena's*

De oorsprong van het woord *qena* blijft tot op heden onduidelijk. Een mogelijk vertrekpunt voor de nomenclatuur zou in de benaming van de *qena-qena*-dans te vinden kunnen zijn. In het Aymara duidt het woord *qena-qena* op „een dans uitgevoerd door muzikanten die *qena's* bespelen”. In deze taal worden meervouden gereduceerd, worden de substantieven die op meer dan één element duiden herhaald. De *qena-qena* is dus een dans waarin verschillende *qena's* optreden. Dit geeft de uitleg vanwaar de dansbenaming komt, doch legt de juiste etymologie van het woord niet uit. Andere dansbenamingen waarin *qena's* optreden zijn meestal dezelfde als de nomenclatuur van de soorten *qena's*. Om tot een etymologie van het woord *qena* te komen is het wenselijk het onderzoek te richten op de relatie tussen dansbenamingen en de soorten *qena's*.

Om tot een systematisering van alle traditionele *qena's* in de Boliviaanse Altiplano te komen, moeten enkele aspecten voor ogen gehouden worden inzake de nomenclatuur van de *qena's*. Eén soort *qena* kan immers verschillende benamingen krijgen naargelang de streek waar die bespeeld wordt. Van het omgekeerde kan men tot nu toe geen voorbeelden geven. Er kunnen verschillende factoren in aanmerking komen voor de naamgeving van een *qena*.

De benaming kan bijvoorbeeld afgeleid zijn van het dorp waar de *qena* oorspronkelijk bespeeld werd. Dit is het geval voor de *mullu*. Deze *qena* is typisch voor de Mollo-gemeenschap, gevestigd in de provincie Muñecas (departement La Paz). Een ander voorbeeld is dat van de *pusi p'ia*. Deze benaming duidt enkel op het aantal vingergaten zoals hierboven reeds vermeld werd. Maar dit instrument kan ook onder de naam *moqolulu* voorkomen.

In de *pusi p'ia*-dans zijn de dansers in het wit gekleed, met een donker vest. De *ch'ililay choquela* komt soms voor onder de naam *ch'ilay choquela*. Dit is gewoonweg een samentrekking van de oorspronkelijke naam *ch'ililay*. Anderzijds kan het voorkomen dat twee gelijkaardige *qena's* met een andere benaming maar met dezelfde fysieke karakteristieken toch verschillende soorten *qena's* vormen. Zij zijn dan meestal afkomstig uit verschillende streken, gaan gepaard met verschillende dansen en geven verschillende melodieën weer. Uit deze enkele voorbeelden is het duidelijk dat voorzichtigheid nodig is inzake de nomenclatuur van de *qena's*. Er moet steeds in acht genomen worden dat een bepaald organologisch type *qena* verschillende benamingen kan hebben die niet noodzakelijk op verschillende instrumenten duiden.

BIBLIOGRAFIE

- BAUMANN, M. P. 1982. Musik im Andenhochland Boliviens. Museum Collection Berlin, MC 14, Museum für Völkerkunde Berlin, Musikethnologische Abteilung, Berlin, Ed. Arthur Simon.
- BUECHLER, H. 1980. The masked media, Mouton Publishers, The Hague.
- DE LUCCE, D. M. 1987. Diccionario práctico : Aymara-Castellano, Castellano-Aymara. Cochabamba, Ed. Los Amigos del Libro, La Paz.
- FERNANDEZ, E. R. 1987. Fiestas tradicionales Aymares. — *In*: Reunión Anual de Etnología, tomo III, Ed. Musef, La Paz, pp. 97-112.
- GUTIERREZ, C. R. 1991. Instrumentos musicales tradicionales en la comunidad artesanal de Walata Grande. — *Latin American Music Review*, Ed. University of Texas Press, Austin, **12** (2) : 124-159.
- MAMANI, P. M. 1987. Los instrumentos musicales en los Andes Bolivianos. — *In*: Reunión Anual de Etnología, tomo III, Ed. Musef, La Paz, pp. 49-79.

**CLASSE DES SCIENCES NATURELLES  
ET MEDICALES**

---

**KLASSE VOOR NATUUR- EN  
GENEESKUNDIGE WETENSCHAPPEN**

## Séance du 28 novembre 1995

(Extrait du procès-verbal)

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

*Sont en outre présents* : MM. J. Alexandre, I. Beghin, E. Bernard, J. Bouharmont, J. Decelle, J. Delhal, J. D'Hoore, L. Eyckmans, A. Fain, C. Fieremans, J. Jadin, J.-C. Micha, H. Nicolai, J. Semal, J.-J. Symoens, C. Sys, P. Van der Veken, M. Wéry, membres titulaires ; MM. J. Boly, A. de Scoville, M. Deliens, R. Dudal, S. Geerts, P. Goyens, J.-M. Jadin, A. Lawalrée, F. Malaisse, H. Maraitte, Mme F. Portaels, MM. E. Robbrecht, A. Saintraint, L. Soyer, E. Van Ranst, membres associés ; M. M. Frère, membre correspondant ; M. A. Lederer, membre de la Classe des Sciences techniques.

*Ont fait part de leur regret de ne pouvoir assister à la séance* : MM. M. De Dapper, M. De Smet, P. G. Janssens, D. Le Ray, J. Mortelmans, J. Rammeloo, E. Tollens, J. Vercruyse, H. Vis.

### Décès de M. Franco Gatti

Le Directeur annonce le décès de M. F. Gatti, membre correspondant honoraire, survenu à Bruxelles le 12 septembre 1995.

Il retrace brièvement la carrière du Confrère disparu.

La Classe observe une minute de silence à la mémoire du défunt.

M. M. Wéry est désigné pour la rédaction de l'éloge de M. Gatti.

### Evolution des plantes aux îles Galapagos

M. J. Bouharmont présente une communication intitulée comme ci-dessus.

MM. L. Eyckmans, A. Lawalrée, A. Fain, J. Decelle, Mme F. Portaels et M. P. Van der Veken interviennent dans la discussion.

La Classe décide de publier cette étude dans le *Bulletin des Séances* (pp. 601-611).

### «Application of Computer-based Technology in Assessing Production Potentials for Annual Crops in Developing Countries»

M. E. Van Ranst présente une communication intitulée comme ci-dessus.

MM. J. D'Hoore, M. Frère, R. Dudal, P. Goyens, C. Sys, I. Beghin et J.-M. Jadin interviennent dans la discussion.

La Classe décide de publier cette étude dans le *Bulletin des Séances* (pp. 613-636).



## Zitting van 28 november 1995

(Uittreksel van de notulen)

De zitting wordt om 14 u. 30 geopend door M. G. Stoops, Directeur, bijgestaan door Mevr. Y. Verhasselt, Vast Secretaris.

*Zijn bovendien aanwezig* : de HH. J. Alexandre, I. Beghin, E. Bernard, J. Bouharmont, J. Decelle, J. Delhal, J. D'Hoore, L. Eyckmans, A. Fain, C. Fieremans, J. Jadin, J.-C. Micha, H. Nicolaï, J. Semal, J.-J. Symoens, C. Sys, P. Van der Veken, M. Wéry, werkende leden ; de HH. J. Bolyn, A. de Scoville, M. Deliens, R. Dudal, S. Geerts, P. Goyens, J.-M. Jadin, A. Lawalrée, F. Malaisse, H. Maraite, Mevr. F. Portaels, de HH. E. Robbrecht, A. Saintraint, L. Soyer, E. Van Ranst, geassocieerde leden ; M. M. Frère, corresponderend lid ; M. A. Lederer, lid van de Klasse voor Technische Wetenschappen.

*Betwuiden hun spijt niet aan de zitting te kunnen deelnemen* : de HH. M. De Dapper, M. De Smet, P. G. Janssens, D. Le Ray, J. Mortelmans, J. Rammeloo, E. Tollens, J. Vercruyse, H. Vis.

### Overlijden van M. Franco Gatti

De Directeur kondigt het overlijden aan, op 12 september 1995 te Brussel, van M. F. Gatti, erecorresponderend lid.

Hij schetst bondig de loopbaan van de overleden Confrater.

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

M. M. Wéry wordt aangeduid om de lofrede van M. Gatti op te stellen.

### „Evolution des plantes aux îles Galapagos”

M. J. Bouharmont stelt een mededeling voor getiteld als hierboven.

De HH. L. Eyckmans, A. Lawalrée, A. Fain, J. Decelle, Mevr. F. Portaels en M. P. Van der Veken nemen aan de bespreking deel.

De Klasse beslist deze studie in de *Mededelingen der Zittingen* te publiceren (pp. 601-611).

### „Application of Computer-based Technology in Assessing Production Potentials for Annual Crops in Developing Countries”

M. E. Van Ranst stelt een mededeling voor getiteld als hierboven.

De HH. J. D'Hoore, M. Frère, R. Dudal, P. Goyens, C. Sys, I. Beghin en J.-M. Jadin nemen aan de bespreking deel.

De Klasse beslist deze studie in de *Mededelingen der Zittingen* te publiceren (pp. 613-636).

**«Behoud van genetische diversiteit in de tropen :  
in situ prioriteiten voor planten»**

Lors de la séance du 24 janvier 1995, M. L. Triest a présenté une communication intitulée comme ci-dessus.

Après avoir entendu les rapports défavorables de MM. J. Bouharmont et E. Robbrecht, la Classe décide de ne pas publier cette étude dans le *Bulletin des Séances*.

**Commission administrative**

Le mandat de M. H. Nicolăi au sein de la Commission administrative échoit au 31 décembre 1995. Vu que M. Nicolăi a atteint l'âge de l'honorariat, son mandat n'est pas renouvelable.

La Classe désigne M. J.-C. Micha pour la représenter au sein de la Commission administrative.

**Quatrième Conférence Raymond Vanbreuseghem**

Grâce au soutien financier apporté par la *Janssen Research Foundation*, la Quatrième Conférence Raymond Vanbreuseghem pourra se tenir le 16 novembre 1996.

Des propositions ont été faites par la *Janssen Research Foundation* concernant les présidents et les orateurs de cette conférence. La Classe approuve ces propositions.

**Nomination**

Par arrêté ministériel du 22 août 1995, M. R. Swennen a été nommé membre associé.

**«International Conference on Tropical Climatology, Meteorology  
and Hydrology — in memoriam F. Bultot (1924-1995)»**

Le Directeur annonce l'organisation, en collaboration avec l'Institut Royal de Météorologie de Belgique, d'une conférence intitulée «International Conference on Tropical Climatology, Meteorology and Hydrology — in memoriam F. Bultot (1924-1995)». Elle se tiendra du 22 au 24 mai 1996. Les membres intéressés sont priés de le faire savoir au moyen du formulaire d'enregistrement joint à la première circulaire.

**Rwanda**

Le groupe de travail constitué autour du thème du Rwanda s'est réuni sous la coordination de M. E. Lamy le 6 octobre dernier et se réunira à nouveau le 8 décembre. Le groupe envisage d'organiser un colloque consacré à l'Afrique des Grands Lacs.

**Behoud van genetische diversiteit in de tropen :  
*in situ* prioriteiten voor planten**

Tijdens de zitting van 24 januari 1995, stelde M. L. Triest een mededeling voor getiteld als hierboven.

Na de ongunstige verslagen van de HH. J. Bouharmont en E. Robbrecht te hebben gehoord, beslist de Klasse deze studie niet in de *Mededelingen der Zittingen* te publiceren.

**Bestuurscommissie**

Het mandaat van M. H. Nicolaï binnen de Bestuurscommissie vervalt op 31 december 1995. Vermits M. Nicolaï de leeftijd van het erelidmaatschap heeft bereikt, kan zijn mandaat niet hernieuwd worden.

De Klasse duidt M. J.-C. Micha aan om haar binnen de Bestuurscommissie te vertegenwoordigen.

**Vierde Raymond Vanbreuseghem Conferentie**

Dankzij de financiële steun van *Janssen Research Foundation* zal de Vierde Raymond Vanbreuseghem Conferentie op 16 november 1996 kunnen plaatsvinden.

De Klasse gaat akkoord met de door de *Janssen Research Foundation* voorgestelde voorzitters en sprekers van deze conferentie.

**Benoeming**

Bij ministerieel besluit van 22 augustus 1995 werd M. R. Swennen tot geassocieerd lid benoemd.

**„International Conference on Tropical Climatology, Meteorology  
and Hydrology — *in memoriam* F. Bultot (1924-1995)“**

De Directeur meldt dat de Academie, in samenwerking met het Koninklijk Meteorologisch Instituut van België, van 20 tot 24 mei 1996 een „International Conference on Tropical Climatology, Meteorology and Hydrology — *in memoriam* F. Bultot (1924-1995)“ zal organiseren. De leden die hiervoor belangstelling hebben, worden verzocht het inschrijvingsformulier uit de eerste rondzendbrief terug te sturen.

**Rwanda**

De werkgroep Rwanda vergaderde op 6 oktober jl. met M. E. Lamy als coördinator ; een tweede vergadering is gepland voor 8 december e.k. De groep overweegt een colloquium te organiseren gewijd aan het Afrika der Grote Meren.

### **Unesco**

Les représentants du groupe de travail «Unesco» se sont réunis les 12 et 25 octobre derniers sous la coordination de M. J.-J. Symoens, Secrétaire perpétuel honoraire. Le groupe s'est penché sur la problématique des universités africaines. Une séance commune avec les représentants de l'Unesco est envisagée pour le début de l'année 1996.

### **Antarctique**

Conformément au souhait de plusieurs membres, l'Académie a pris part à la réunion du Comité National Belge pour la Recherche Antarctique qui s'est tenue le 10 octobre dernier en vue de la commémoration du centenaire de la Belgica. Plusieurs publications, des expositions et l'organisation d'un symposium sont envisagées. Les membres souhaitant participer à ces activités sont priés de le faire savoir au secrétariat de l'Académie.

### **Congrès Régional Arabe de Population**

Un Congrès Régional Arabe de Population organisé par la «International Union for the Scientific Study of Population» se tiendra au Caire du 8 au 12 décembre 1996. Des informations complémentaires peuvent être obtenues au secrétariat.

La séance est levée à 17 h 30.  
Elle est suivie d'un Comité secret.

### **Unesco**

De vertegenwoordigers van de werkgroep Unesco vergaderden o.l.v. Erevast Secretaris J.-J. Symoens op 12 en 25 oktober jl. en pakten de problematiek van de Afrikaanse universiteiten aan. Een gemeenschappelijke zitting met de vertegenwoordigers van de Unesco is voor begin 1996 gepland.

### **Antarctica**

Gevolg gevend aan de wens van verschillende leden, heeft de Academie deelgenomen aan de vergadering van het Belgisch Nationaal Comité voor Antarctisch Onderzoek. Deze vond plaats op 10 oktober jl. met het oog op de herdenking van de honderdste verjaardag van de Belgica. Worden overwogen : verschillende publicaties, tentoonstellingen en de organisatie van een symposium. De leden die aan deze werkzaamheden wensen deel te nemen, worden verzocht dit aan het secretariaat van de Academie mee te delen.

### **„Arab Regional Population Conference”**

Van 8 tot 12 december 1996 zal in Caïro een „Arab Regional Population Conference” plaatsvinden, georganiseerd door de „International Union for the Scientific Study of Population”. Bijkomende informatie is op het secretariaat beschikbaar.

De zitting wordt om 17 u. 30 geheven.  
Ze wordt gevolgd door een Besloten Vergadering.

## Evolution des plantes aux îles Galapagos \*

par

J. BOUHARMONT \*\*

**MOTS-CLES.** — Dérive génétique ; Endémisme ; Evolution ; Galapagos ; Isolement ; Sélection naturelle.

**RESUME.** — L'archipel volcanique des Galapagos est isolé dans l'océan Pacifique et il a été colonisé à des époques plus ou moins récentes. Depuis la visite de Darwin en 1835, les migrations et l'évolution des animaux ont été bien étudiées dans ces îles, bien que beaucoup de groupes aient été fortement perturbés, directement ou indirectement, par l'homme. En général, la végétation naturelle est mieux conservée et l'étude des plantes reste utile pour la compréhension de l'évolution biologique. La plupart des plantes sont arrivées à partir du continent américain en empruntant des moyens divers. Après leur installation, certaines se sont fortement différenciées, alors que d'autres ne se modifiaient pas. L'évolution découle en partie de la sélection naturelle, qui a surtout été efficace dans les zones arides. Pour les plantes comme pour les animaux, la dérive génétique et l'isolement des populations ont aussi joué un rôle majeur. Des interactions entre les plantes, leurs prédateurs et les agents pollinisateurs sont des facteurs de spéciation dans plusieurs groupes végétaux et animaux. L'utilisation des méthodes récentes d'analyse biochimique serait utile pour préciser les relations entre les taxons endémiques actuels et leurs ancêtres.

**SAMENVATTING.** — *Evolutie van de planten op de Galapagoseilanden.* — De vulkanische archipel van de Galapagos is geïsoleerd in de Stille Oceaan en werd gekoloniseerd in een min of meer recente periode. Sinds het bezoek van Darwin in 1835, werden de migraties en de evolutie der dieren op deze eilanden goed bestudeerd, hoewel vele groepen door de mens, direct of indirect, sterk werden verstoord. Over het algemeen is de natuurlijke plantengroei beter bewaard en de studie van de planten blijft nuttig voor het begrip van de biologische evolutie. De meeste planten kwamen van het Amerikaanse continent en dit op verschillende manieren. Na hun aankomst hebben sommige zich sterk gedifferentieerd, terwijl andere niet veranderden. De evolutie is gedeeltelijk het resultaat van natuurlijke selectie, die vooral in de droge gebieden efficiënt was. Zowel voor de planten als voor de dieren hebben de genetische afwijkingen en de afzondering van de populaties een belangrijke rol gespeeld. Interacties tussen planten, hun predators en bestuivingsagentia zijn factoren van evolutie in verschillende dieren-

\* Communication présentée à la séance de la Classe des Sciences naturelles et médicales tenue le 28 novembre 1995. Texte reçu le 28 novembre 1995.

\*\* Membre titulaire de l'Académie ; Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université Catholique de Louvain, place de la Croix du Sud 5, B-1348 Louvain-la-Neuve (Belgique).

en plantengroepen. Het gebruik van de recente biochemische-analysemethoden zou nuttig zijn om de betrekkingen tussen de huidige endemische taxa en hun voorouders duidelijker te omschrijven.

**SUMMARY.** — *Evolution of Plants in Galapagos Islands.* — The volcanic Galapagos archipelago is isolated in the Pacific Ocean and it was colonized at more or less recent periods. After the visit of Darwin in 1835, migrations and evolution of animals have been well studied in these islands, although many groups have been directly or indirectly strongly disturbed by man. In general, natural vegetation is more intact and the study of plants remains useful for understanding the biological evolution. Most plants arrived from the American continent using various means. After landing, some became very different while others remained unchanged. Evolution results partly from natural selection, which has been particularly efficient in arid zones. In plants, as well as in animals, the genetic drift and population isolation also played a major role. Interactions between plants, their predators and pollinating agents are factors of evolution in several plant and animal groups. The use of recent methods of biochemical analysis would be useful for a more precise knowledge of the relationships between present endemic taxa and their ancestors.

### Introduction

En raison de son isolement dans l'océan Pacifique, l'archipel des Galapagos représente un laboratoire particulièrement favorable pour l'étude de la colonisation d'un territoire vierge et de l'évolution des organismes. Ces îles sont devenues célèbres après le séjour qu'y fit Charles Darwin du 15 septembre au 20 octobre 1835 (BERRY 1984). Darwin n'est donc resté dans les Galapagos que pendant cinq semaines et il n'a visité que quatre îles. Ce séjour n'a pas influencé immédiatement ses idées concernant l'évolution des espèces ; ce n'est qu'un an et demi plus tard qu'il a reconnu que les espèces ne sont pas immuables, et son ouvrage sur l'origine des espèces a paru en 1859 seulement. Darwin s'est basé non seulement sur ses propres observations, en particulier sur l'étude des deux cent dix spécimens de plantes qu'il a récoltés, mais aussi sur les collections d'autres passagers du *Beagle*, surtout des collections d'oiseaux (SULLIVAN 1984).

La population humaine totale des îles ne dépasse pas quelques milliers d'habitants et son impact est actuellement faible sur les animaux et les plantes. Cependant, la chasse et surtout l'introduction délibérée ou accidentelle d'animaux étrangers ont altéré durablement les équilibres naturels. Les tortues terrestres ont particulièrement souffert des prédateurs et concurrents plus agressifs. D'autre part, à certains endroits, l'homme, par sa présence, modifie involontairement le mode de vie des animaux : sur les îles habitées, les pinsons de Darwin ont tendance à se rapprocher des habitations et à se nourrir de déchets.

Contrairement à ce qui s'est produit dans plusieurs autres archipels isolés, la végétation des Galapagos a été relativement peu modifiée depuis le début du XIX<sup>e</sup> siècle. En dehors des surfaces cultivées dans l'île de Santa Cruz, les adventices n'ont pas proliféré notablement. Actuellement, l'étude de la végétation naturelle et de son évolution reste donc possible. Les mécanismes responsables de l'évolution des espèces végétales ne sont pas différents de ceux qui ont agi chez les animaux. L'étude des plantes peut ainsi faciliter la compréhension des facteurs qui ont permis la colonisation du territoire et la diversification des espèces. D'autre part, il est évident que les plantes ont joué un rôle dans l'évolution de beaucoup d'animaux et réciproquement.

### Le milieu

L'archipel des Galapagos est isolé dans l'océan Pacifique, à hauteur de l'équateur, à une distance de 1 000 km au moins des côtes d'Amérique du Sud et centrale. La surface totale des îles est d'environ 8 000 km<sup>2</sup>, dont plus de la moitié pour la plus grande, Isabella (Fig. 1).

Les îles sont presque entièrement d'origine volcanique, formées de basaltes, coulées de laves et cendrées ; leur âge est compris entre trois et cinq millions d'années. Plusieurs volcans restent actifs et les coulées récentes sont nombreuses. La quantité d'eau reçue est extrêmement variable suivant les îles, l'exposition, l'altitude et les années. La pluviosité est plus forte aux expositions sud et est ; les pluies sont très faibles à basse altitude : les petites îles au relief peu accusé sont ainsi très arides. L'humidité atmosphérique augmente rapidement à partir de 200 à 400 m et la pluviosité atteint 1 à 3 m. Au niveau de la mer, la pluviosité peut varier dans une gamme de 1 à 8. Mais, en outre, des pluies beaucoup plus abondantes surviennent périodiquement, lorsque le courant marin chaud venant d'Amérique centrale (El Niño) atteint les îles : la pluviosité peut s'élever alors jusqu'à près de 3 m au niveau de la mer et dépasser 5 m à plus haute altitude. Une telle humidité a des conséquences importantes, positives ou négatives, sur les populations de beaucoup d'espèces animales et végétales.

### Végétation

Les étages de végétation dépendent directement de la pluviosité, et donc de l'altitude : ils sont bien délimités et contrastés (Fig. 2).

Au niveau littoral, la mangrove forme une frange étroite sur la plupart des îles ; elle se développe plus largement en présence de lagunes. Une végétation halophile s'est également établie sur les plages de sable. A ce niveau, la végétation est composée surtout d'espèces largement distribuées sur les côtes des



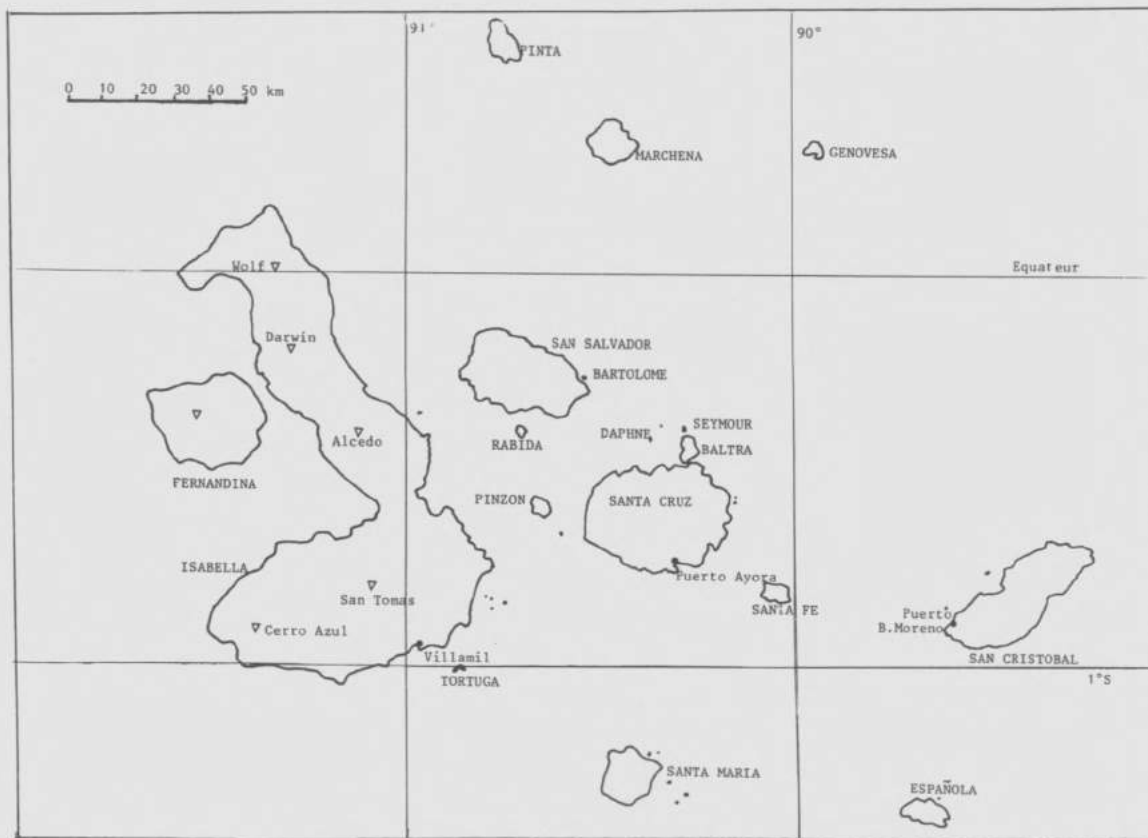


Fig. 1. — Archipel des Galapagos.

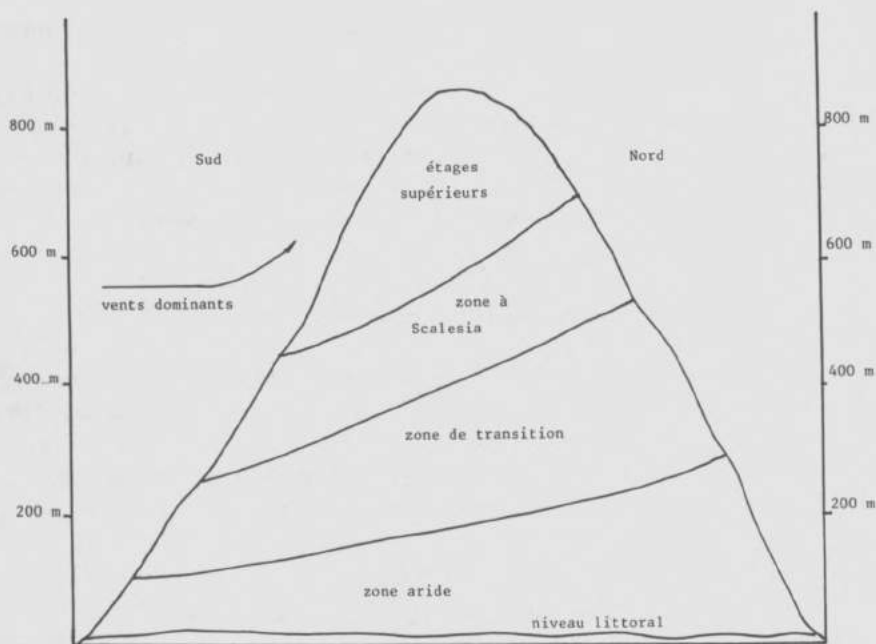


Fig. 2. — Etages de végétation.

régions tropicales : *Rhizophora mangle*, *Conocarpus erectus*, *Laguncularia racemosa*, *Hippomane mancinella* pour les mangroves, *Batis maritima*, *Scaevola plumieri* sur sable.

Une zone aride occupe entièrement la surface des petites îles peu élevées ; ailleurs, elle se termine vers 100 m sur les versants sud, exposés aux vents dominants et 300 m sur les versants opposés. La végétation est principalement composée d'arbustes (*Bursera graveolens*, *Croton scouleri*, *Scalesia* sp.) et de cactus (*Opuntia*, *Jasminocereus*). Les rocaillies et cendrées volcaniques sont colonisées par des sous-arbustes très résistants à la sécheresse (*Euphorbia*, *Coldenia*) et quelques plantes pionnières s'installent rapidement sur les laves récentes (*Mollugo*, *Brachycereus*). Les espèces endémiques y sont particulièrement nombreuses.

La végétation devient plus dense dans la zone de transition, où l'humidité atmosphérique et les pluies augmentent progressivement avec l'altitude ; les espèces caractéristiques des basses altitudes se raréfient au profit de celles de l'étage humide.

La zone à *Scalesia* est caractérisée par une forêt dense, dominée par une composée arborescente, *Scalesia pedunculata*. Les brouillards y sont fréquents et favorisent la prolifération de mousses, hépatiques, lichens et pipéracées

épiphytes. Les fougères et autres plantes herbacées sont fréquentes en sous-bois.

Plusieurs zones sont plus ou moins distinctes au-dessus de 450 m sur les pentes humides et 700 m au nord. La forêt fait progressivement place à des arbustes et à des landes qui comprennent de nombreuses cypéracées et fougères, dont une arborescente (*Cyathea weatherbyana*). Les sommets les plus élevés d'Isabella sont au-dessus des nuages et beaucoup plus secs.

### Composition et origine de la flore

La flore des Galapagos n'est pas riche. WIGGINS & PORTER (1971) décrivent 553 espèces et 59 taxons infraspécifiques d'angiospermes, parmi lesquels 218 endémiques et 77 introductions récentes (tableau 1). Les ptéridophytes sont relativement mieux représentés, avec 90 taxons, dont 10 endémiques seulement. Les bryophytes et les lichens sont également nombreux.

Tableau 1

Taxons connus des Galapagos (d'après WIGGINS & PORTER 1971)

	Ptéridophytes	Dicotylées	Monocotylées	Total
Familles	10	82	15	107
Genres	39	253	56	348
Espèces	89	439	114	642
Taxons infraspécifiques	1	55	4	60
Endémiques	10	201	17	228
Introductions récentes	-	68	9	77

Le niveau taxonomique attribué à certaines populations diffère suivant les auteurs, ainsi que le nombre d'espèces dans certains genres. Le genre *Scalesia* (*Asteraceae*) est endémique : on y a reconnu jusqu'à une vingtaine d'espèces ; WIGGINS & PORTER (1971) en ont retenu onze, dont une avec deux variétés. Souvent, les populations occupant une île ou une région isolée sont morphologiquement uniformes et différentes des autres populations, mais il existe aussi des populations intermédiaires résultant peut-être d'hybridations et d'introgessions.

Toutes les plantes actuellement présentes dans les îles dérivent de colonisateurs arrivés du continent. Les plantes des mangroves résistent bien à la salinité : fruits, graines et plantules peuvent être transportés sur de longues distances par les courants marins. Les cryptogames (ptéridophytes, bryophytes, champignons et lichens) sont particulièrement nombreux, surtout dans les zones humides. Leurs spores sont disséminées à grande distance, surtout par le vent. La dissémination des spermatophytes est plus aléatoire. Des graines

légères, comme celles des orchidées, peuvent être transportées par le vent. Les oiseaux migrateurs sont souvent des vecteurs importants, mais il n'existe pas de migrations régulières entre le continent et les îles Galapagos. Certaines introductions sont attribuées à un transport par des troncs ou des radeaux qui se sont détachés des bords des fleuves, sur le continent, et ont été amenés par les courants marins.

Si l'on ne tient pas compte des introductions récentes par l'homme, les oiseaux seraient les vecteurs les plus fréquents (60%), suivis par le vent (31%) et les courants marins (9%). Les oiseaux transportent des graines dans leur système digestif (surtout des cypéracées), dans la boue attachée à leurs pattes, grâce à la présence de substances collantes ou de systèmes d'accrochage (PORTER 1976, 1984).

La plupart des sites d'atterrissage étant peu hospitaliers, surtout sur les côtes et dans la zone aride, la colonisation des îles doit être imputée à un nombre limité d'individus.

JOHNSON & RAVEN (1973) estiment à 64% la population d'endémiques dans la zone aride et à 43% dans la zone de transition. Cette proportion descend à 12% dans la zone littorale, 23% au niveau des *Scalesia*, 27 et 8% pour les deux étages supérieurs. Ces auteurs pensent que les espèces non endémiques des régions humides sont arrivées après la dernière période de sécheresse, survenue il y a environ 10 000 ans.

Quelques espèces d'angiospermes possèdent des fleurs de grande taille et de couleurs vives (cactus, *Cordia*, *Gossypium*), mais elles sont peu nombreuses. Les fleurs sont généralement petites et peu apparentes, probablement autogames. Il est peu probable que des pollinisateurs, surtout des insectes spécialisés, aient accompagné les plantes lors de leur migration et certains immigrants allogames n'ont donc probablement pas pu s'installer, faute de pollinisateurs adéquats.

### Evolution

Après leur installation dans les îles, les espèces introduites se sont plus ou moins modifiées par rapport aux formes originelles du continent. Certaines ne s'en distinguent pas ; d'autres, au contraire, ont acquis des caractères nouveaux, suffisants pour qu'on puisse en faire des espèces ou des genres distincts. Ces différences peuvent être dues en partie à l'époque de la colonisation : les premiers venus ont eu plus de temps pour évoluer que les espèces arrivées récemment. D'autres facteurs importants sont l'isolement et la sélection naturelle.

Plusieurs familles se sont particulièrement bien adaptées. C'est le cas des astéracées, qui comptent quatre genres endémiques. Un de ces genres, *Scalesia*, est polymorphe, avec onze espèces distribuées dans la plupart des îles, dans

les zones arides comme dans la forêt humide. Cette adaptation des astéracées à des habitats très divers n'est pas propre aux Galapagos : on trouve la même diversification de genres et d'espèces dans d'autres archipels volcaniques (Hawaï, Canaries, Mascareignes).

## 1. SELECTION NATURELLE ET ISOLEMENT

La sélection naturelle est le premier facteur qui vient à l'esprit quand on s'intéresse à l'évolution des plantes, comme à celle des animaux, des Galapagos. Pratiquement toutes les plantes des mangroves sont identiques à celles qui se rencontrent sur les côtes d'Amérique tropicale. Dans toutes ces régions, les plantes sont soumises à un environnement semblable, auquel elles sont bien adaptées. En outre, l'isolement est loin d'être parfait : des graines et plantules sont fréquemment transportées par les courants marins, assurant des échanges de gènes et empêchant la création de populations distinctes. Les mêmes facteurs jouent pour les cryptogames des étages supérieurs : l'introduction fréquente de spores et un environnement peu différent de celui des habitats continentaux expliquent, en partie, la rareté des endémiques chez ces organismes.

Au contraire, l'introduction de la plupart des angiospermes, de même que leurs migrations d'une île à l'autre, sont des événements rares. Les plantes qui ont été capables de survivre et de se reproduire dans des environnements peu hospitaliers, particulièrement dans les zones arides, ont donné naissance, assez rapidement, à des lignées de mieux en mieux adaptées à ces conditions, différentes de celles du continent et différentes d'une île à l'autre.

## 2. DERIVE GENETIQUE

Il est probable que la colonisation de l'archipel, par certains groupes végétaux, est la conséquence de l'arrivée d'un seul individu ou, en tout cas, d'un échantillon qui n'était pas représentatif de l'espèce répandue sur le continent. Dès le début, les populations pionnières sont donc différentes de celles dont elles dérivent ; elles sont en outre uniformes, en raison de la consanguinité. Une évolution brusque, par dérive génétique, intervient aussi lors de chaque migration vers une île nouvelle.

Le genre *Opuntia* (cactacées) est très diversifié dans les îles Galapagos. Les populations actuelles semblent dériver de deux introductions seulement. WIGGINS & PORTER (1971) reconnaissent quatorze taxons, répartis entre six espèces (*O. galapageia*, *O. megasperma*, *O. helleri*, *O. insularis*, *O. saxicola* et *O. echios*). Cette dernière espèce est différenciée en cinq variétés : *echios* (Santa Cruz), *barringtonensis* (Santa Fé), *gigantea* (Santa Cruz), *inermis* (Isabella) et *zacana* (Seymour). La plupart des îles n'abritent qu'un seul taxon, rarement deux. Les populations sont uniformes, mais elles sont distinctes les unes des autres. Les conditions de vie sont très semblables dans les zones

arides des différentes îles et la sélection naturelle n'est probablement pas le principal responsable de la diversification des *Opuntia*. Cette évolution est sans doute comparable à celle des tortues terrestres (*Geochelone elephantopus*), représentées actuellement par onze sous-espèces, et celle des oiseaux moqueurs (quatre espèces et sept sous-espèces de *Nesomimus*).

Une étude récente montre comment la dérive génétique peut intervenir chez les pinsons de Darwin. La petite île Daphne Major est régulièrement visitée par l'espèce terrestre *Geospiza magnirostris*, habitant l'île voisine (Santa Cruz), mais les immigrants ne s'y sont reproduits qu'à partir de l'année très humide 1982-83. Depuis lors, une population nouvelle s'est développée à partir de six fondateurs. Cette population diffère significativement des immigrants occasionnels par plusieurs caractères morphologiques, comme la taille du bec, mais aussi par un chant très différent (GRANT & GRANT 1995).

### 3. COEVOLUTION

Les conditions climatiques ne sont pas le seul facteur de sélection. Les plantes et les animaux sont également soumis à des pressions sélectives de nature biotique qui entraînent des adaptations réciproques. Par leur abondance et par la quantité d'eau qu'ils contiennent, les *Opuntia* sont recherchés par plusieurs herbivores, particulièrement les tortues et les iguanes terrestres. La présence des herbivores a favorisé la sélection de mécanismes de défense, comme le développement du tronc et des aiguillons chez les cactus, et ces défenses favorisent à leur tour l'allongement des membres et du cou des prédateurs, ainsi que l'adaptation de leurs mâchoires. Les herbivores jouent certainement aussi un rôle dans la dissémination des espèces.

Ces relations entre les plantes et leurs prédateurs aboutissent à une sorte de coévolution des deux partenaires, par exemple cactus et iguanes : *Opuntia echios* var. *gigantea* et *Conolophus subcristatus* dans l'île de Santa Cruz, var. *barringtonensis* et *C. pallidus* sur Santa Fé.

Des interactions entre plantes et animaux interviennent aussi au niveau de la pollinisation. Bien que l'entomophilie soit relativement rare dans les îles, des hyménoptères et lépidoptères interviennent chez plusieurs espèces de plantes. Les petits diptères sont nombreux dans les fleurs des cactacées. Ces fleurs sont également visitées régulièrement par plusieurs espèces de pinsons, qui peuvent ainsi participer à la pollinisation. Dans la partie nord de l'archipel, la tourterelle des Galapagos se nourrit des fleurs d'*Opuntia helleri*, mais elle n'endommage pas le stigmate et elle peut aussi jouer un rôle dans la pollinisation (JACKSON 1985).

### Conclusions

Malgré sa pauvreté relative en comparaison, par exemple, de celle de l'Equateur continental, la flore des Galapagos est caractérisée par l'existence de plusieurs genres endémiques, réunissant souvent plusieurs espèces morphologiquement distinctes. Arrivée précoce, dérive génétique, isolement strict et pression sélective exercée par l'environnement abiotique et biotique sont à l'origine de cette séparation entre taxons continentaux et insulaires, d'une part, entre espèces ou variétés distribuées sur les différentes îles, d'autre part.

Surtout parmi les endémiques, les formes arbustives sont beaucoup plus répandues que les espèces herbacées et annuelles. Les *Euphorbia* sont représentées, dans l'archipel des Galapagos, par dix espèces et une variété du sous-genre *Chamaesyce* ; neuf de ces taxons sont endémiques : ce sont des sous-arbustes ou des plantes pérennes à souche ligneuse et tiges herbacées. Les deux autres sont des annuelles adventices pantropicales ou répandues dans les régions tropicales d'Amérique. Les arbustes ne sont pas mieux adaptés à la sécheresse que les annuelles, très fréquentes sur les plages, dans les rocailles et sur les rochers secs d'une grande partie du globe. Les formes ligneuses d'autres genres sont également fréquentes dans d'autres îles isolées. Dans les Canaries, elles sont attribuées à une immigration ancienne à partir des régions méditerranéennes, régions dans lesquelles l'évolution s'est poursuivie ensuite, favorisant les formes herbacées et annuelles : certains genres endémiques, considérés comme « relictuels » se sont différenciés plus récemment en espèces distinctes dans les îles (BRAMWELL 1952). La différenciation des taxons insulaires et continentaux ne découle donc pas seulement de modifications subies par les migrants ; elle peut résulter, dans une mesure plus grande, de l'évolution des taxons restés sur le continent, soumis à de fortes pressions sélectives, surtout interspécifiques.

Le principal critère utilisé pour connaître l'histoire de la colonisation des îles, le nombre de pionniers, les relations de parenté entre les taxons et les niveaux taxonomiques, est basé sur l'observation des caractères morphologiques. Cependant, des modifications morphologiques importantes ne correspondent pas nécessairement à des écarts profonds au niveau génétique. Les données électrophorétiques et immunologiques montrent que la plupart des genres animaux des Galapagos sont des groupes génétiquement très homogènes, résultant chacun d'une ou deux introductions : les pinsons et les tortues dérivent chacun d'un seul ancêtre (PATTON 1984). Chez les plantes, les comparaisons morphologiques devraient être complétées par des études expérimentales. L'hybridation entre les taxons, l'homologie des chromosomes et le niveau de fertilité des hybrides sont souvent des critères de valeur, mais leur utilisation n'est pas facile pour des plantes pérennes, surtout quand leurs exigences écologiques sont particulières. Les dendrogrammes basés sur les techniques biochimiques (électrophorèses d'enzymes, RFLP,...) permettraient

certainement de préciser les relations entre les différents taxons d'un même genre, d'estimer plus précisément l'époque de leur arrivée dans l'archipel et de leurs migrations dans les îles.

#### BIBLIOGRAPHIE

- BERRY, R. J. 1984. Darwin was astonished. — *Biol. J. Linn. Soc.*, **21** : 1-4.
- BRAMWELL, D. 1972. Endemism in the flora of the Canary Islands. — *In* : VALENTINE, D. H. (ed.), Taxonomy, phytogeography and evolution, Acad. Press, London, pp. 141-159.
- GRANT, P. R. & GRANT, B. R. 1995. The founding of a new population of Darwin finches. — *Evolution*, **49** : 229-240.
- JACKSON, M. H. 1985. Galapagos - A natural history guide. Calgary University Press, Calgary (Canada), 283 pp.
- JOHNSON, M. P. & RAVEN, P. H. 1973. The Galapagos Archipelago revisited. — *Science*, **179** : 893-895.
- PATTON, J. L. 1984. Genetical processes in the Galapagos. — *Biol. J. Linn. Soc.*, **21** : 97-111.
- PORTER, D. M. 1976. Geography and dispersal of Galapagos Islands vascular plants. — *Nature*, **264** : 745-746.
- PORTER, D. M. 1984. Relationships of the Galapagos flora. — *Biol. J. Linn. Soc.*, **21** : 243-251.
- SULLIVAN, F. J. 1984. Darwin and the Galapagos. — *Biol. J. Linn. Soc.*, **21** : 29-59.
- WIGGINS, I. L. & PORTER, D. M. 1971. Flora of the Galapagos Islands. Stanford University Press, Stanford (USA), 998 pp.



## Application of Computer-based Technology in Assessing Production Potentials for Annual Crops in Developing Countries \*

by

E. VAN RANST \*\* & L. VANMECHELEN \*\*\*

KEY-WORDS. — Cameroon ; Crop modelling ; Developing countries ; GIS ; Land-use planning ; Maize.

SUMMARY. — In developing countries, land evaluation as basis for land-use planning is often undertaken for fairly large areas and limited amounts of easily accessible climate and soil data are processed to estimate land productivity for selected crops. Land evaluation involves the process of deriving suitability maps to meet users' requests for special purpose information. The strong moves towards quantifying the land evaluation process in recent years have concurred with the development of Geographic Information Systems (GIS). This quantification consists in linking the climatic and soil information databases to crop models simulating production potentials. A combined application of a crop growth model and GIS, in order to predict the maize production potentials in the North-West Province of Cameroon, at three hierarchically ordered production levels, has been taken as an example. The model is designed to use generalized crop phenology, statistical climatic averages, and soil information made available by a detailed reconnaissance soil survey. The possibilities and limitations of advanced technologies for crop modelling in developing countries are also analysed.

SAMENVATTING. — *Gebruik van computertechnologie voor het inschatten van productiepotentiëlen voor éénjarige gewassen in ontwikkelingslanden.* — In ontwikkelingslanden wordt landevaluatie als basis voor landgebruiksplanning vaak ondernomen op nationale of regionale schaal. De beschikbare klimatologische en bodemkundige gegevens, vaak erg beperkt, worden aangewend om de productiviteit van het land voor geselecteerde gewassen in te schatten. De landevaluatie probeert tegemoet te komen aan de specifieke vragen van landgebruikers door landgeschiktheidskaarten af te leiden. De recente evolutie naar een kwantificatie van het landevaluatieproces gaat samen met de ontwikkeling van geografische informatiesystemen (GIS). Deze kwantificatie

---

\* Paper read by Mr E. Van Ranst at the meeting of the Section of Natural and Medical Sciences held on 28 November 1995. Text received on 28 November 1995.

\*\* Member of the Academy ; Laboratory for Soil Science, Department of Geology and Soil Science, University of Gent, Krijgslaan 281 (S8), B-9000 Gent (Belgium).

\*\*\* Laboratory for Soil Science, Department of Geology and Soil Science, University of Gent, Krijgslaan 281 (S8), B-9000 Gent (Belgium).

bestaat erin klimatologische en bodemkundige gegevensbanken te koppelen aan gewasmodellen die het productiepoteentieel simuleren. Een gecombineerde toepassing van een gewasroei middel en GIS, om het productiepoteentieel van maïs op drie hiërarchisch geordende productieniveaus in de Noord-West Provincie van Kameroen te voorspellen, wordt als voorbeeld besproken. Het model is zodanig ontworpen dat het gebruik maakt van gegeneraliseerde fenologische gewassenmerken, statistische klimaatgemiddelden en bodemkundige informatie beschikbaar na een gedetailleerde regionale bodemkartering. De mogelijkheden en limitaties van gevorderde technologieën voor gewasmodellering in ontwikkelingslanden zijn eveneens geanalyseerd.

RESUME. — *L'application des techniques informatiques dans l'estimation des potentiels de productivité pour des cultures annuelles dans des pays en développement.* — Dans les pays en développement, l'évaluation des terres comme base de la planification agricole est souvent effectuée à l'échelon national ou régional. Les données climatiques et édaphiques disponibles, souvent très limitées, sont traitées dans le but d'estimer la productivité des terres pour une gamme de cultures envisagées. L'évaluation des terres implique l'établissement des cartes d'aptitude qui répondent aux besoins des utilisateurs. L'orientation récente vers des méthodes quantitatives d'évaluation des terres est étroitement associée au développement des Systèmes d'Information Géographique (SIG). Cette quantification consiste à relier la base des données climatiques et édaphiques aux modèles de simulation de production potentielle des cultures. Une application combinée d'un modèle de croissance de culture et des SIG, dans le but de prédire les productions potentielles d'une culture de maïs dans la province du Nord-Ouest Cameroun, à trois niveaux de production hiérarchisés, est prise comme exemple. Le modèle est conçu de manière à utiliser les caractéristiques phénologiques générales de la culture, les moyennes statistiques des données climatiques et des informations détaillées de reconnaissance et d'inventaire des ressources en sol. Les possibilités et les contraintes des technologies avancées pour la modélisation des cultures dans les pays en développement sont également analysées.

## 1. Introduction

Recent years have witnessed a proliferation of applications of computer-based technology for natural-resource planning, environmental protection and land-use planning. Land-use planners are requiring site-specific information too detailed for inclusion in published soil surveys. Special-use maps are receiving increasing attention as management alternatives to the soil survey. The special-use maps are often generated with Geographic Information Systems (GIS). Soil survey information is frequently digitized as a part of the database for special-use maps. Slope and aspect information is commonly generated from Digital Elevation Models (DEM). The relative ease of access to such technology in industrialized countries has encouraged scientists there to change their tools and methods to avail themselves of the technological opportunities. Crop modelling methodology, therefore, has become substantially technology-driven.

In developing countries, land evaluation as a basis for land-use planning is often undertaken for fairly large areas. Unfortunately, in these countries the climate and soil data required to estimate land productivity for selected crops are not always available. The strong moves towards quantifying the land evaluation process in recent years have concurred with the development of GIS. This quantification consists in linking the climatic and soil information databases to crop models simulating production potentials.

Different empirical modelling approaches to predict land productivity for crops under a wide range of weather and soil conditions have been described (e.g. FAO 1978, DE WIT & VAN KEULEN 1987, THOMASSON & JONES 1991, TANG *et al.* 1992, DAROUSSIN *et al.* 1993). Most of these models are designed to use available climatic and soil information as statistical averages and generalized crop phenology. Several hierarchically ordered production situations are distinguished in such a way that the results of simulations on one hierarchical situation are used as input for the calculations of another. A production situation is a hypothetical land-use system, with one or only a few relevant land characteristics and/or land qualities. Land characteristics and/or qualities not considered in the definition of a production situation are assumed not to constrain the performance of the system, and the production calculated is not the actual production but the production potential.

Handling the variability in climatic conditions and in soils can be approached through the use of GIS. GIS are a set of computer tools for collecting, storing, retrieving at will, transforming and displaying spatial data from the real world (BURROUGH 1986). Using the GIS technique, it is possible to produce thematic maps, as an output, with information on the impact of differences in climate and soils on land productivity for a specific crop.

Climatic and soil profile data are often stored in relational databases, whereas the spatial distribution of soil mapping units (polygons) is often stored in topological vector form or raster form, depending on the applied software. GIS software, with its ability to classify soil polygons or pixels according to the attributes held, can perform many functions in the land evaluation process (BURROUGH 1991).

This paper attempts to analyse the possibilities and limitations of advanced technologies for developing countries and to suggest steps that may ensure more sustainable access to the improved tools of crop modelling. The paper describes the use of the GIS technology in a case study on the variation of potential crop production at regional scale, using information made available by a detailed-reconnaissance soil survey. This is exemplified by the integration of a GIS and a crop growth model, which is used for estimation of maize production potentials under varying climatic and soil conditions in North-West Cameroon.

## 2. Prospects of advanced technologies for crop modelling in developing countries

### CROP SIMULATION MODELS

Crop simulation models are a principal tool needed to bring agronomic sciences into the information age. The system-analytical approach to crop ecology has led to the development of many crop simulation models. Crop simulation models can be deterministic or stochastic (RITCHIE 1994). Deterministic models produce a unique outcome for a given set of events. Owing to the spatial variability of the soil and weather, however, there is a certain degree of uncertainty associated with the results. Stochastic models are used when the exactness of the input information is questionable, resulting in an uncertain and probabilistic outcome. In reality, the crop growth system is more stochastic than deterministic because of the heterogeneity of many parts of the system. However, procedures for crop modelling with a stochastic approach have not been developed to a reasonable level of usefulness.

Deterministic models can be classified into three basic types: statistical, mechanistic or functional (RITCHIE 1994). The model types generally reflect the purpose for which they are intended. Statistical models require the least amount of information, whereas mechanistic models require the most. Statistical models were the first to be used for the purpose of large-scale yield prediction. In general, statistical models are apparently being used less now than they were one or two decades ago.

Mechanistic models incorporate the most fundamental mechanisms of the processes that are involved as currently understood. For crop production simulation, this implies fundamentals of light interception by crops, the uptake of carbon dioxide and its conversion to biomass, and the partitioning of the biomass in the growing organs of the plants, as well as the losses of biomass to respiration and death of plant organs. In the soil system, it involves the use of Darcy's Law for water flow and the calculation of the resulting solute transport as a combination of the mechanisms of mass flow and diffusion-dispersion (ADDISCOTT & WAGENET 1985). Mechanistic models may be useful for evaluating issues related to changing aerial conditions, where the change is gradual and there may be little spatial variability. Under these conditions, potential crop production can be estimated without considering constraints of soil water or nutrient supplies (PENNING DE VRIES *et al.* 1989).

Functional models incorporate simplified treatments of the more complex processes. They use total radiation for a day as the amount of energy available for photosynthesis or transpiration, and then determine the actual daily amount using empirical relationships related to soil water deficits or low plant leaf area. Many potential evaporation equations have been derived for making functional approximations of evapotranspiration on a daily — or longer —

time basis. For evaluating water flow in soil or water uptake by plants, the field capacity concept is useful in functional models. Functional models provide the most appropriate level of detail for assessing many issues related to changes in the global environment. This is especially the case when considering the great spatial variability of the soil on almost any scale of interest. Characterizing soil variability is historically a difficult task to perform and it does little good to use great detail in soil simulation when the real, basic soil properties are not known (RITCHIE 1994).

Generally, the simplest models are used for large-area production estimates and include the detail of the soil-plant system. The most complex models explain in great detail the soil-plant-atmosphere system and require a large quantity of input data, usually unavailable in most developing countries. Because each parameter and function in those models has its own inaccuracy, deterministic models usually need calibration or *fine tuning* when applied to new situations, in spite of their original promise of universal applicability.

#### INPUT DATA FOR CROP MODELS

Most crop models contain information from different levels of detail and specify the data necessary for their construction, operation and validation. All models thus require information on one or more functional relationships that link some measure of crop performance to some measure of the environment. This required information can be obtained in a number of ways, most conventionally through classical experimentation or through output-environment studies at the field, farm or regional level.

Climate and meteorological data are critical for crop modelling efforts. Crop models use data of varying temporal resolutions. Many models use as input variables daily maximum and minimum temperatures, precipitation and incident solar radiation. More general models use data of lower temporal resolution (e.g. ten-day or monthly data). The weather data required to run a simulation model for a particular site and a particular time period are often not available in developing countries. In these countries, data are accessible through national meteorological services, although some may be costly and may vary in quality. The data on temperature are quite reliable, but the data on rainfall and humidity are somewhat less so; radiation data are very approximate and soil moisture is rarely observed. In case data are not available, it may be possible to use surrogate, calculated data, or to use data from nearby sites. Required radiation values, for example, can be estimated from computations of solar radiation above the atmosphere, a function of day of year and latitude, and measurements of the hours of bright sunshine (SELIRIO *et al.* 1971) or of cloud cover and visibility type (DAVIES & MCKAY 1988, 1989). If the data necessary for a calculation are not available, then data from a nearby site could possibly be used for most variables except for precipita-

tion, provided that climatic gradients are not too pronounced. However, where climatic gradients are pronounced, errors can be considerable (SCHROEDTER 1983) and caution would be necessary in interpreting outputs from a model run.

The amount of soil information required for operation varies tremendously among different crop models. Some models — for example, those that make use of only one aerial factor or those that combine several aerial factors into a derived value for evapotranspiration — may need no soil information. Others deal with below-ground processes rather crudely and, as such, may require information only about the rooting depth of the soil and its total water-holding capacity. At the other extreme, some comprehensive models require: (1) depths of the major soil horizons, (2) the particle size, bulk density, water release curve and saturated hydraulic conductivity for each horizon, (3) soil chemistry characteristics (e.g. organic carbon, organic nitrogen, available phosphorus, cation exchange capacity, base saturation and pH), (4) surface water infiltration parameters, (5) residual fertilizer content at the start of the season, and possibly other data. Obtaining all the required information in developing countries is mostly quite difficult. There are, however, a number of ways in which surrogates can be obtained by calculation from more readily available data (RITCHIE *et al.* 1990).

For crop management factors (planting date, planting depth, row spacing, emergence date, plant population, fertilization, irrigation, inoculation and others), requirements for modelling vary as widely as for other inputs. Some simple models may require no management data other than the planting date, whereas more complex models will require information on all the aspects mentioned and possibly also on plant bed configuration and bund height, if appropriate. Details for requirement for models operating at a daily time step have been documented by HUNT *et al.* (1994a, 1994b).

Crop cultivation information required for model operation also varies greatly among models. Some models do not require any crop cultivar (genotype) details. This may be quite acceptable with models designed for conditions in which productivity is determined by one overriding environmental factor, or for rather general applications. It would hardly be acceptable, however, for models designed for wider application. Such models would have to be recalibrated for genotypes differing from the one used during model construction. To overcome this problem, some models need input data that document the characteristics of the genotypes involved (HUNT *et al.* 1990). Such data are sometimes termed *genetic coefficients*. The number of coefficients required varies greatly among models.

In addition to physical and biological factors, socioeconomic and cultural information must ultimately be considered in any attempt to characterize the agricultural environment. While a number of crops might be successfully grown in a particular situation, human factors will eventually determine how environments are used for agricultural production. However, socioeconomic

data are often not available or, when available, are not considered by crop modellers.

Validation involves comparison of the outputs of a fully calibrated model to real data and a determination of suitability for an intended purpose. Essential parts of any validation data set are : (1) a complete record of the information required to run the model — on the aerial and soil environments, on the starting conditions, on the cultivars used and on crop management and (2) field information on the aspect(s) that the model is desired to predict and for which the model is being validated. The data sets should not have been used previously for calibration and should represent the complete array of environments in which the model will be applied. In the past, it has often been difficult to obtain enough data sets for effective validation, and techniques that make it possible to extract the maximum of information from a limited number of data sets have been used. One such a technique is *jackknifing*, a technique in which available data sets are used in different combinations for calibration and validation (TICHELAAR & RUFF 1989).

#### GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS

Over the past decade, Geographic Information Systems (GIS) have become quite popular and their use in mainly industrialized countries is still growing. The major reason for success of GIS is that they offer more and new functionality to the map producers and to the map users in comparison with the traditional paper maps. Once a good environment has been created, the maintenance and production of maps become easier because, instead of *manually redrawing* the complete map, it is sufficient to enter the updates in the geographic database. For the users the advantage of a GIS over the paper map is that they can interact with the system ; all kinds of selections based on spatial properties and on thematic attributes can be made, the system can perform various analyses and calculations, and the results are promptly reported in an appropriate graphic or alpha-numeric form (VAN OOSTEROM 1993).

The prospects of using GIS output presentation modes have been particularly attractive to crop modellers. Crop modelling involves the integration of many and varied data sets, and GIS are useful tools in this integration. GIS may contain data that constitute inputs in crop models, both at specified points and over larger areas. The access for modellers to such data is greatly eased by computer-based systems that may allow both a GIS and programs for crop modelling to reside within the same (even small) computer and that have interfaces that ease data transfer. The availability of spatial, even three-dimensional data, may influence model construction, particularly towards considering neighbour and proximity relations. The output facilities of GIS should normally satisfy presentation needs of crop modellers.

Many GIS are now easily available on the general market, including powerful commercial systems at high costs, but also very cheap systems in the public domain or from universities and research institutions. ARC/INFO, ERDAS, GRASS and IDRISI are among those GIS that are commonly available in research institutions frequented by crop modellers. These — and others — offer a new scope for modellers, if they are prepared to consider carefully assumptions and limitations inherent in spatial data (BIE 1994).

#### DATA INTEGRATION THROUGH GIS

Data for crop modelling may be derived from a wide variety of sources: traditional field surveys, ground observation systems or laboratories. Whatever their origin, there is a need to make the data available in a standard and consistent form. GIS fulfill this function and currently represent the best access to the many and varied data sets required for crop modelling. For crop modelling, a GIS can, in principle, contain all input data required for a model, both the locational data variables (e.g. soil, terrain, climate) and, in associated files, plant requirements and responses and management factors. The actual modelling is normally done outside the GIS system.

Despite such achievements there are also problems in associating spatial data in GIS with crop modelling. In developing countries there are major gaps in both space and time in weather records, and large-area coverage of detailed soil data is very scarce. As an example, in Cameroon exists a complete soil map coverage at exploratory scales (1 : 1 000,000 and smaller). Although some progress has been made in detailed reconnaissance mapping at 1 : 200,000 scale (31% of the territory covered, Fig. 1a), much work remains to be done, especially in detailed mapping, which until recently covered only 0.7% of the country (Fig. 1b).

Many users of GIS have limited knowledge of soil science and little previous experience with soil surveys, especially in developing countries. These users may be unaware of either the potentials or limitations of soil survey information. New users of soil surveys are often unaware that delineations on soil maps are not pure. Limiting and non-limiting inclusions and the range of characteristics of a soil series may not be considered by anyone incorporating digitized soil data into a GIS file. The uninitiated may assume that the modal pedon described in the soil survey represents the mean or modal attributes of most of soil properties in the map unit. Interpretative tables in published soil surveys can contribute to the user's misunderstanding. The sources of data used in interpretative tables are frequently not supplied.

Virtually all mapping units within a GIS layer will be more or less heterogeneous in respect to class; polygons are usually defined by several class names (e.g. a soil association or a soil complex). Since the GIS will not contain information about where within the mapping unit each class is actually located



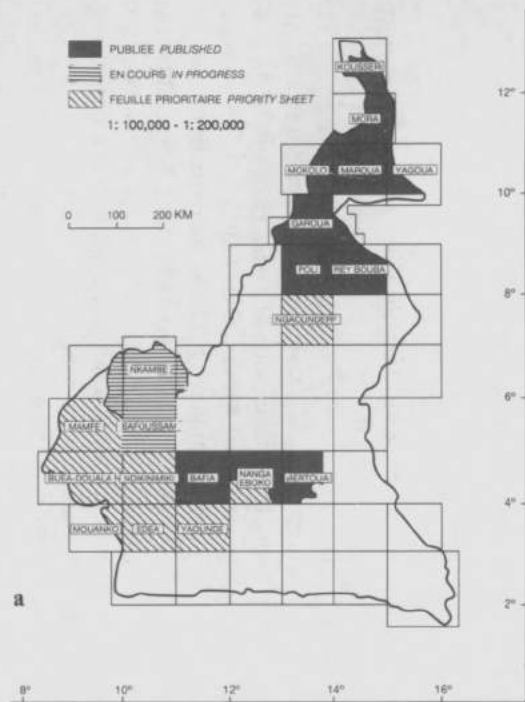


Fig. 1a. — Detailed reconnaissance (1 : 100,000 - 1 : 200,000) soil map coverage in Cameroon.

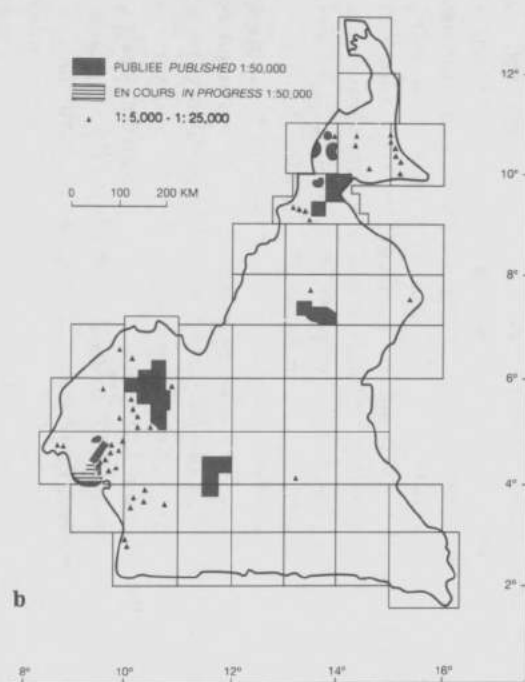


Fig. 1b. — (Semi-) detailed (1 : 50,000 - 1 : 5,000) soil map coverage in Cameroon.

in the (x-y) plane — even if relative locations are known for soil associations — input data for crop modelling derived from a digitized map in a GIS will contain this form of uncertainty. Measurements are usually performed on a limited number of locations, depending on the scale of the survey. At other locations, the values are estimated through interpolation or extrapolation (digital surface modelling, tessellation). These values are subject to estimated errors. Such errors are in many respects similar to and additive to measurement errors. However, there are estimation methods available within geostatistics that yield estimated errors. These can be mapped as a separate layer and thus be available for consideration in the crop model (BIE 1994).

Users of GIS data often make assumptions of data that may not be accurate or overlook data-quality aspects. No studies have reported GIS user requirements for accuracy and precision of soil survey data. The possibility exists that high-intensity GIS land-use applications will require from soil surveys a degree of precision that was not incorporated into that map unit design. Modern map makers — the suppliers of many data sets in a GIS — pay increasing attention to realistic quality estimates of their data. Most crop models seem incapable of accommodating such quality estimates, and unwarranted assumptions of the absolute precision and accuracy of GIS input data are therefore common.

### 3. Case study modelling maize production potentials in North-West Cameroon

#### PHYSIOGRAPHY OF THE STUDY AREA

The study area is situated in the North-West Province of Cameroon, just south the Nigerian border and covers the large central part (10,750 km<sup>2</sup>) or 60% of the Province (Fig. 2).

Geomorphologically, the area has a staircase configuration dominated by high lava plateaus (several compartments with altitudes between 1,500 and 2,200 m) around the central volcano, Mount Oku (3,011 m). These high plateaus are surrounded by steep mountains, hills and more or less dissected planation surfaces, generally at lower levels (between 250 and 1,400 m altitude), on basement rock. Locally, recent volcanic ash deposits are present on top of the residual weathered materials. In many places, impressive escarpments separate the plateaus and the planation surfaces.

The overall mountainous nature of the terrain and the variety of soil parent materials (basalt, trachyte, migmatite, granite, pyroclastic, colluvial, and alluvial deposits) resulted in complex soil patterns. Even over short distances, soils may differ considerably in such characteristics as texture, effective depth and gravel content. Most of the soils classify as Cambisols, Andisols, Acrisols and Ferralsols (FAO 1990).

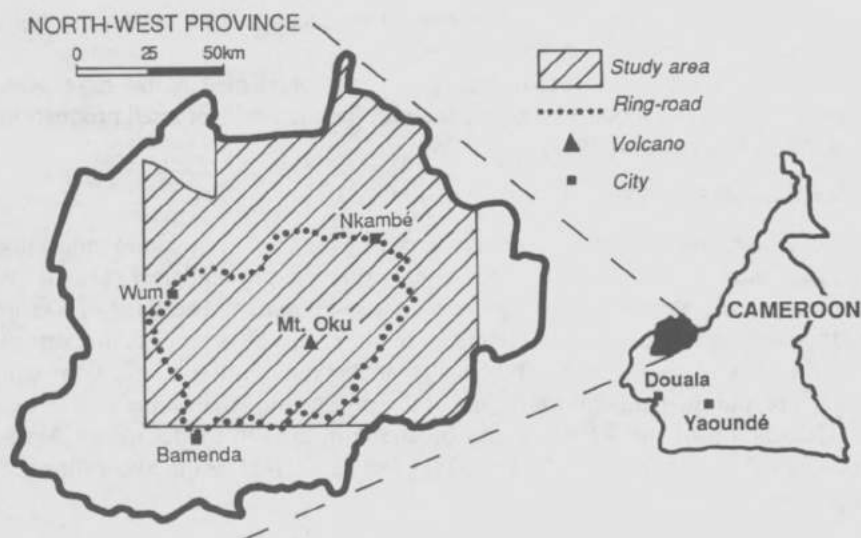


Fig. 2. — Location of the study area.

Annual rainfall varies from less than 1,700 mm in the lowlands to over 3,000 mm in the west-exposed highlands. The dates of the onset and end of the rainy season vary slightly over the area. The rainy season starts in early or mid-March and ends in early or late November. The temperature is fairly constant over the year and mean annual temperatures are closely related to altitude ( $> 24^{\circ}\text{C}$  below 500 m and  $< 17^{\circ}\text{C}$  above 2,000 m), with some anomalies linked to topographic position. Data on relative humidity are scarce, but mean annual values are around 65%.

The lands are used intensively for subsistence-farming with maize as major crop. Rainfed agriculture is mainly concentrated on the volcanic plateaus because of the overall favourable soil conditions and on the colluvial soils, enriched with volcanic ash, in the lowlands. Burning of savannah grass takes place in January and February to promote vigorous regrowth when the rains start in March. The high mountain peaks are under a primary forest cover.

#### CROP MODELLING APPROACH

A realistic, quantitative model to predict production potentials at a regional scale cannot be simple, because it must make dynamic descriptions of relevant land-use requirements and corresponding land qualities, and it must take account of all direct and indirect interactions. Construction of such a comprehensive model would take many years and the model would finally have

very limited operational value, because of its massive data needs and high running costs (DRIESSEN & KONIJN 1992).

As an alternative, the production potentials for rainfed maize have been determined using a model that considers three hierarchically ordered production situations (VAN RANST 1994):

*Radiation-thermal Production Potential (RPP)*

As temperature and radiation regimes during the crop cycle cannot normally be manipulated, these factors determine, within the physiological capacity of the crop, the potential production level in a specific area. The RPP of a crop is then only determined (within limits set by the crop's physiological properties) by the irradiance of photosynthetically active radiation that the crop can intercept and the temperature regime of the production environment.

Calculation of the RPP is based on the crop growth model of the Agro-Ecological Zones project (FAO 1978), and is derived using the following equation:

$$RPP = \frac{0.36 \cdot b_{gma} \cdot L \cdot KLAI \cdot Hi}{1 + 0.36 \cdot C_t \cdot L}$$

where *RPP* is the radiation-thermal production potential (kg dry matter ha<sup>-1</sup>), 0.36 half the conversion efficiency, *b<sub>gma</sub>* the overall gross rate of assimilate production (kg ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>), *L* the length of growing cycle (d), *KLAI* the correction factor (dimensionless) for incomplete ground cover, *Hi* the harvest index and *C<sub>t</sub>* the rate of loss of *b<sub>gma</sub>* by maintenance respiration at actual temperature (kg kg<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>). A detailed description of the variables, their values, as well as the calculation procedures, are given in DRIESSEN & KONIJN (1992).

*Water-limited Production Potential (WPP)*

For the second hierarchical production situation, the influence of moisture availability on transpiration and crop production is taken into account. The influence of water availability on the crop production potential can be quantified through the yield response factor (*ky*). This factor relates the relative production decrease (1-WPP/RPP) to the relative evapotranspiration deficit (1-ETa/ETc) as follows:

$$\begin{aligned} (1 - WPP/RPP) &= ky \cdot (1-ETa/ETc) \\ WPP &= RPP \cdot [1 - ky \cdot (1-ETa/ETc)] \end{aligned}$$

where *WPP* is the water-limited production potential (kg dry matter ha<sup>-1</sup>), *ky* the yield response factor, *ETa* and *ETc* the actual and maximum crop evapotranspiration (mm/crop cycle) respectively. The above relationship is valid for both individual crop growth periods and for the entire crop cycle. The average *ky* value for the total maize cycle is 1.25, indicating maize is sensitive to water shortage (DOORENBOS & KASSAM 1979).

Actual crop evapotranspiration has been calculated from rainfall data taking into account the soil water storage. If crop water requirements are fully met,  $ET_a = ET_c$  and maximum production is obtained. When available soil moisture decreases,  $ET_a$  remains equal to  $ET_c$  until a critical fraction ( $p$ ) of the moisture content is consumed. Below this critical value,  $ET_a < ET_c$  and production is reduced. The degree of reduction depends on the crop species, the crop growing cycle and the soil type. A maximum water storage of 210 mm/m has been taken for all soils in the study area. RIJTEMA & ABOUKHALED (1975) formulated this relationship as follows :

$$ET_a = [(St \cdot D)/(1 - p) \cdot Sa \cdot D] \cdot ET_c \\ = [-d(St \cdot D)]/dt$$

where  $St \cdot D$  is the available soil moisture (mm) at time  $t$  over the rooting depth ( $D$  in m),  $Sa \cdot D$  the maximum available soil moisture (mm) over the rooting depth ( $D$ ) and  $p$  the fraction of easily available soil water.

#### *Land Production Potential (LPP)*

The land production potential has been calculated using an equation in which the effects of climate, water availability and selected soil characteristics on crop production have been combined :

$$LPP = WPP \cdot Si$$

where  $Si$  is a soil suitability index, obtained by multiplying a physical soil index ( $Pi$ ) with a chemical soil index ( $Ci$ ). Determination of both indices implies matching of soil characteristics with the maize soil requirements (Table 1) and attribution of a numerical rating value to each characteristic.

All physical soil characteristics are represented only by one rating, calculated after subdividing the soil profiles in equal sections ; to each of these sections a *depth correction index* (weighting factor) is attributed starting with a minimum value at depth and increasing towards the surface section (SYS *et al.* 1991). The numerical rating values attributed to the three chemical soil characteristics (Table 1) are combined into one single value ( $Ci$ ), using the square root method (KHIDDIR 1986) :

$$Ci = R_{min} \cdot \sqrt{(R_a \cdot R_b)}$$

where  $R_{min}$  is the lowest rating value,  $R_a$  and  $R_b$  the other two rating values.

#### GEOGRAPHICAL ANALYSIS

In this study, a vector GIS (PC Arc/Info 3.4D) has been used to digitize map information from the topographic map (IGN 1972), the soil map (KIPS *et al.* 1987) and a rainfall distribution map (HAWKINS & BRUNT 1965). The contour lines of the topographic map were digitized with an interval of 500 m elevation difference. An additional introduction of 62 points with known

Table 1

Soil requirements considered in the calculation of a soil index for maize production  
(Svs *et al.* 1993)

Soil characteristics	Rating scale					
	1.00	0.95	0.85	0.60	0.40	0.25
<u>Physical</u>						
Texture/structure *	C-s, Co, CL, SiCs, SiCL, SiL, Si	C+s, SC, SCL, L	SL, LS	LcS, fS		Cm, S
Coarse fragments (vol %) **	0					
Effective soil depth (cm) **	≥ 100					
<u>Chemical (0-25 cm)</u>						
Sum basic exchangeable cations (cmol(+)kg <sup>-1</sup> soil)	> 6	5.6	4.9	2.0	1.5	
pH H <sub>2</sub> O (1 : 2.5)	5.8-6.5	6.8 5.7	7.5 5.5	9.1 5.0	9.7 < 4.6	
Organic carbon (%)						
Kaolinitic soils	> 2.0	1.9	1.6	< 1.0		
Other soils	> 1.2	1.1	1.0	< 0.6		

\* C-s : clay (< 60%), blocky structure ; Co : clay, oxisol structure ; CL : clay loam ; SiCs : silty clay, blocky structure ; SiCL : silty clay loam ; SiL : silt loam ; Si : silt ; C+s : clay (> 60%), blocky structure ; SC : sandy clay ; SCL : sandy clay loam ; L : loam ; SL : sandy loam ; LS : loamy sand ; LcS : loamy coarse sand ; fS : fine sand ; Cm : massive clay ; S : sand.

\*\* The content of coarse fragments and effective soil depth are evaluated together with texture/structure. In the parametric approach, this is achieved by a downgrading of the texture/structure rating for coarse fragments and by attributing a rating of 0 to a limiting impermeable layer at a depth of less than 100 cm (Svs *et al.* 1991).

elevation in the study area allowed the creation of a digital elevation model (DEM) with the aid of the SEM (Structured Elevation Model) module of PC Arc/Info. The small scale of the base map, the large height interval between the contour lines and the strongly dissected landscape in the study area resulted in a strongly simplified DEM (Fig. 3). This information was imported into IDRISI for further processing.

The DEM generated is unsuitable for further geographical analysis of slope gradient or orientation, but provides an ideal basis for a graphical display of the relationship between the physiographic position and the crop production potential. It can be used as a template upon which to drape thematic data such as land suitability values.

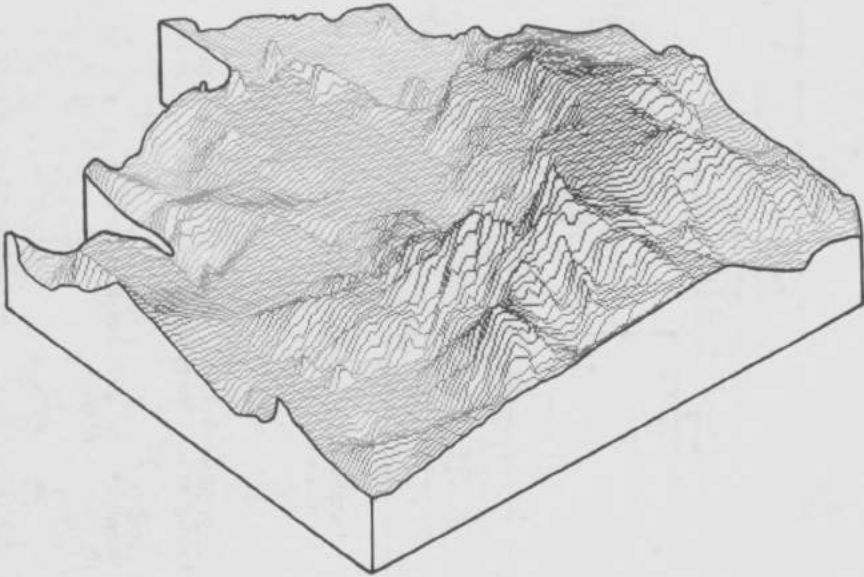


Fig. 3. — Three-dimensional surface response curve of the landscape ; surface produced from a 500-m DEM by IDRISI.

The soil map of the study area at the scale of 1 : 200,000 covers 160 different mapping units. Each soil mapping unit is supported by a single set of records containing general information on 4 polygon attributes : parent material (9 classes), FAO classification name (FAO-UNESCO 1987) of the dominant and associated soils, slope (6 classes) and stoniness (4 classes). Through aggregation of polygons with similar characteristics, the number of unique mapping units was reduced to 71. Because a single mapping unit may consist of many polygons all carrying the same soil information, the relational database will have the form shown in figure 4a.

The data from 79 soil profiles, representing all major soil types present in the study area, were also stored in a series of tables (Fig. 4b).

There are tables for the classification name, physical (texture, soil depth and stoniness) and chemical (sum of basic cations, pH, organic carbon) properties. In order to facilitate the use of profile data to support crop modelling and spatial interpolation of weighted means of soil properties, each profile is cross-linked with the polygon in which it falls. Each soil polygon is characterized by the attributes of a profile with the same classification name as the dominant soil type of the mapping unit.

As in many areas in developing countries, weather records in the study area are scarce and often unreliable. The methodology used for the determination of the production potential of maize requires a climatological dataset

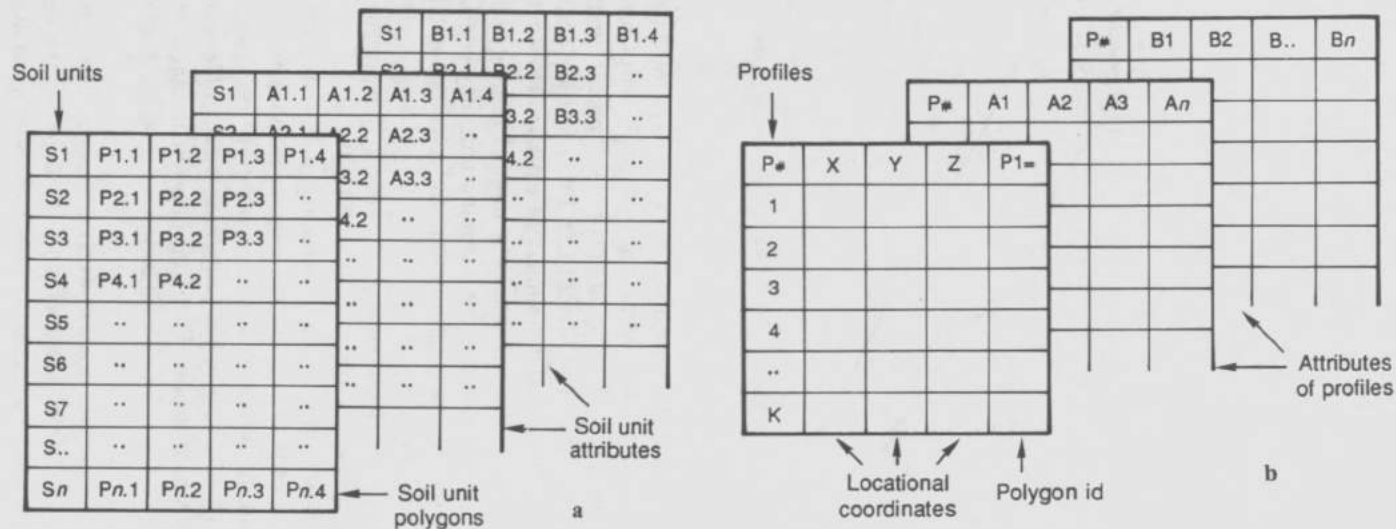


Fig. 4a. — Relational structure of a soil polygon map : S1-Sn refer to the kinds of soil (mapping units) : P1.1, ... refer to the polygons representing the location of each kind of soil ; the property values held by each kind of soil for all polygons are given by the attribute tables A1.1 ... B1.1 ... (BURROUGH 1986).

Fig. 4b. — Relational structure for the soil profiles. Profiles are identified by a serial number (P) ; the tables contain data on location (X, Y and Z coordinates), the soil polygon in which they occur and attribute values (A1 ... An, B1 ... Bn) (BURROUGH 1986).



consisting of monthly averages of the following parameters : daily mean, maximum and minimum temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ), rainfall (mm), insolation (hours), relative humidity (%) and wind velocity (m/s). Weather records of fifty-eight stations in or near the study area were analysed. None of the stations provide complete records for all required parameters. Because the study area is characterized by a considerable climatological variability, it was preferred to infer missing parameters based on relationships between individual parameters, rather than using the records of a selection of climatological stations.

Rainfall and temperature are the major parameters that determine the climatological suitability for maize growth. The spatial variability of these parameters was used to divide the study area into climatological zones. The highly significant correlation between altitude and temperature (correlation coefficients between 0.886 and 0.972, significant at 0.001 level, for mean monthly temperature data of 14 climatological stations) permitted the use of the contour line map to simulate temperature at every location. An overlay of the contour lines map (7 classes, 500 m intervals) and the rainfall distribution map (5 classes ; from  $< 1,700$  mm to  $> 3,000$  mm) resulted in a polygon map with 30 climatological zones (12 smaller polygons were integrated in the remaining polygons). A procedure was developed to attribute a representative set of climatological data to each zone :

*Rainfall* : rainfall records are, in contrast with other parameters, abundantly available. For several polygons, a selection of the most representative stations had to be made based on the principle of Thiessen polygons. However, in zones without a climatological station, the dataset of a neighbouring zone with similar physiographic characteristics was used.

*Insolation* : for six stations with insolation records a linear relationship with rainfall data was found :

$$\begin{aligned} \text{insolation} &= 227.197 - 0.346041 \cdot \text{rainfall} \\ (r &= 0.861, \text{ significant at } 0.001 \text{ level}) \end{aligned}$$

This equation permitted the simulation of monthly insolation values based on recorded rainfall data for each climatological zone.

*Mean Temperature* : an increment of 100 m in altitude corresponds with a decrease of the monthly mean temperature of about  $0.5^{\circ}\text{C}$ . This relationship in combination with the average elevation of each climatological zone, inferred from the DEM, provided a reliable estimate of the mean temperature.

*Daily Temperature Difference* : the average difference between daily maximum and minimum temperature ( $\Delta T$ ) is well correlated with insolation. Recorded data on insolation and temperature difference of six stations provided the following linear relation :

$$\begin{aligned} \Delta T &= 0.50642 + 0.05946 \cdot \text{insolation} \\ (r &= 0.791, \text{ significant at } 0.001 \text{ level}) \end{aligned}$$

*Relative Humidity* : because no significant correlation with rainfall, temperature or altitude was found, the available relative humidity data were averaged. Two stations located below 1,200 m provided representative records for the zones with a similar altitude. The weighted monthly average relative humidity values of seven stations were assigned to zones with an average elevation above 1,200 m. Four stations located outside the study area received a smaller weighting factor.

*Wind Speed* : wind speed data were only available for Bamenda, located south of the study area. Its records were used for the entire study area, because local differences in wind velocity are reported to be relatively small (HAWKINS & BRUNT 1965).

The soil polygons and climatological zones were converted to a raster form in IDRISI 4.0 (raster GIS) for easier manipulation of the model results. RPP and WPP were determined for each climatological zone. Evaluation of the soil characteristics resulted in soil suitability indices (Si) for individual soil units. WPP and Si values were retained as pixel attributes in the conversion process of the climatological zones map and the soil map, respectively. An overlay of both raster maps, using the multiply operator of IDRISI, yielded a new map with the LPP results.

#### MAPPING MODELLING RESULTS

The RPP corresponds to the potential maize yield under the current climatic conditions, assuming the absence of soil limitations or water shortage during the crop cycle. RPP values for the study area vary between 5.6 and 7.8 t ha<sup>-1</sup> (Fig. 5a). The lowest values are found in the area around Mount Oku (for location : see Fig. 2), where temperature conditions are unfavourable due to high elevation. Optimal temperature conditions ( $20^{\circ}\text{C} < T_{\text{mean}} < 30^{\circ}\text{C}$ ) exist in the areas located between 1,000 and 2,000 m. Below 1,000 m an increased respiration results in a lower biomass production. This is the case in the northern part of the study area. Higher insolation on the leeward side of the SW-NE mountain range results in RPP values up to 7.8 t ha<sup>-1</sup> in that zone.

Maize is fairly sensitive to moisture deficits during the crop cycle. These water deficits lead to a reduced evapotranspiration and finally result in an estimated yield reduction, amounting to 1.1 t ha<sup>-1</sup> in the dry depressions of the eastern part of the study area. Along the western flank of the mountain range, orographic rains keep the soil moist throughout the crop cycle. In this zone WPP nearly equals RPP. The estimated WPP in the study area ranges from 4.6 to 7.2 t ha<sup>-1</sup>, indicating favourable climatic conditions for maize production (Fig. 5b).

The suitability of the physical soil conditions is expressed by the physical soil index (*Pi*). The texture of the fine earth fraction is dominantly clayey. Because most soils are deep (> 1 m) and have a favourable structure for

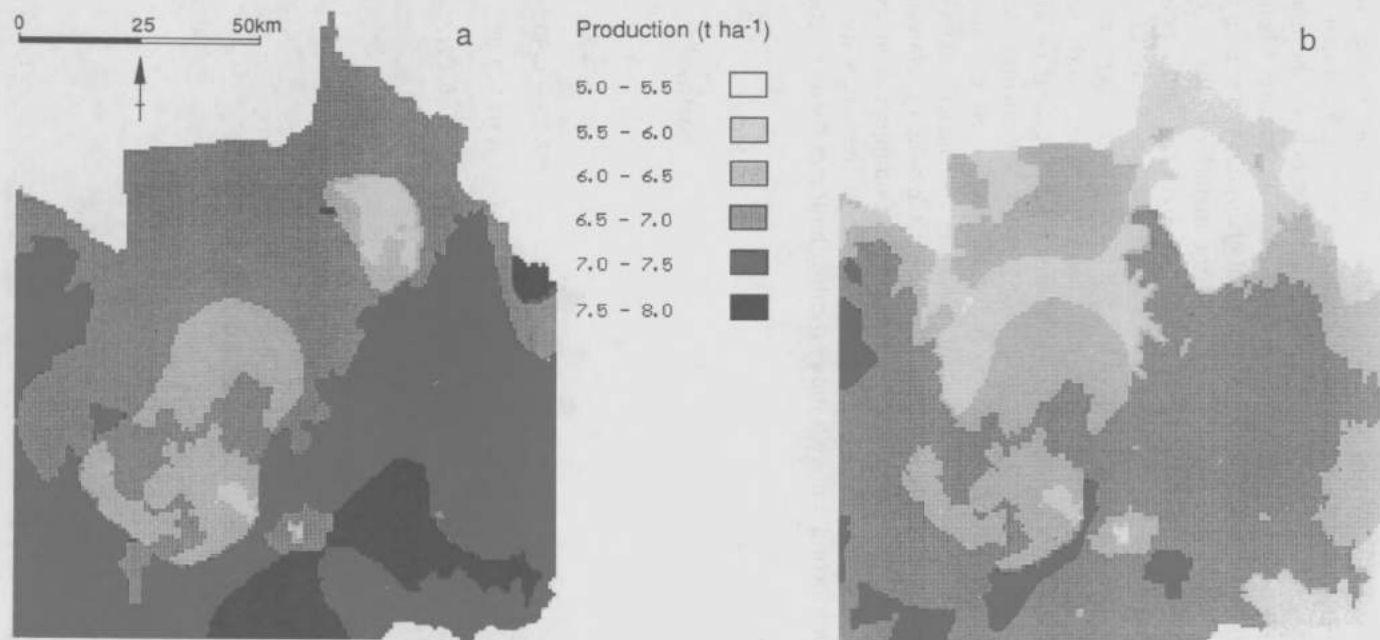


Fig. 5. — Distribution of estimated (a) radiation-thermal production potential (RPP) and (b) water-limited production potential (WPP) of maize.

root penetration, the physical soil suitability is mainly determined by the amount of coarse fragments in the soil. Gravelly soils, with a reduced water-holding capacity, are common in the eroded granitic hills in the northern part of the study area. The physical soil conditions are markedly better on the central high (lava) plateau and in the alluvial plains along the main rivers.

The humid tropical climatic conditions and the maturity of the soils have resulted in a rather poor chemical fertility status. Both pH and amount of basic cations are below the required level for optimal maize growth. If the chemical soil conditions are not improved by adapted management, as is the general rule in tropical subsistence-farming systems, maize yields will be seriously affected. Maize productivity in traditional farming systems without fertilizer application will be mainly determined by the low chemical fertility status, expressed by the yield reduction factor  $C_i$ . The lowest  $C_i$  values are found in soils on granitic parent materials. Slightly higher values were calculated for soils on the lava plateaus, whereas the soils on alluvial and colluvial materials are chemically the most fertile. Combination of  $P_i$  and  $C_i$  resulted in a soil index ( $S_i$ ) that is an indication of the suitability of the soil for maize production. Figure 6 shows the distribution of the soil suitability

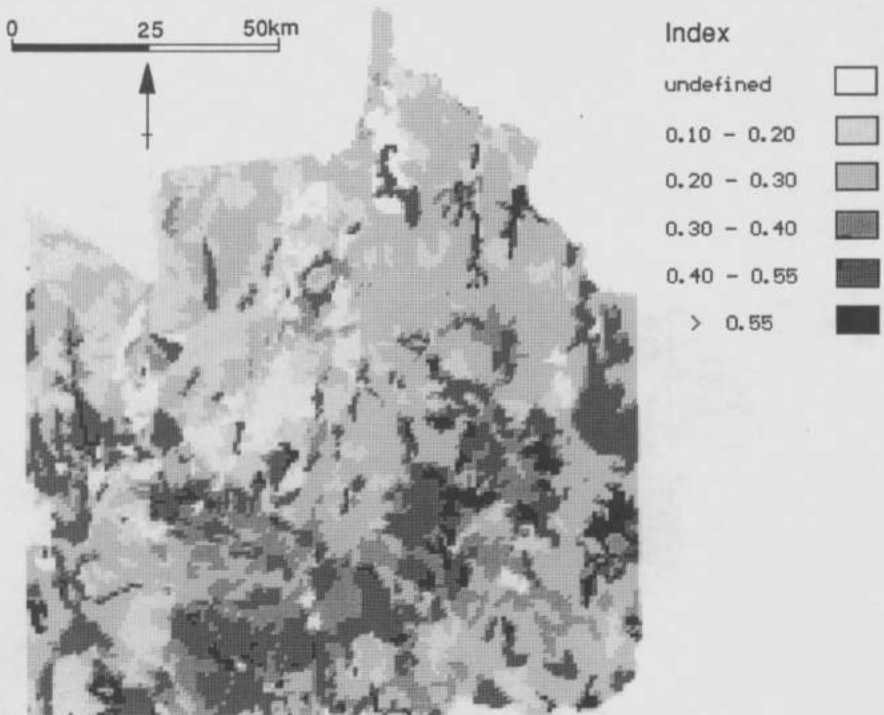


Fig. 6. — Distribution of soil suitability index for maize production.

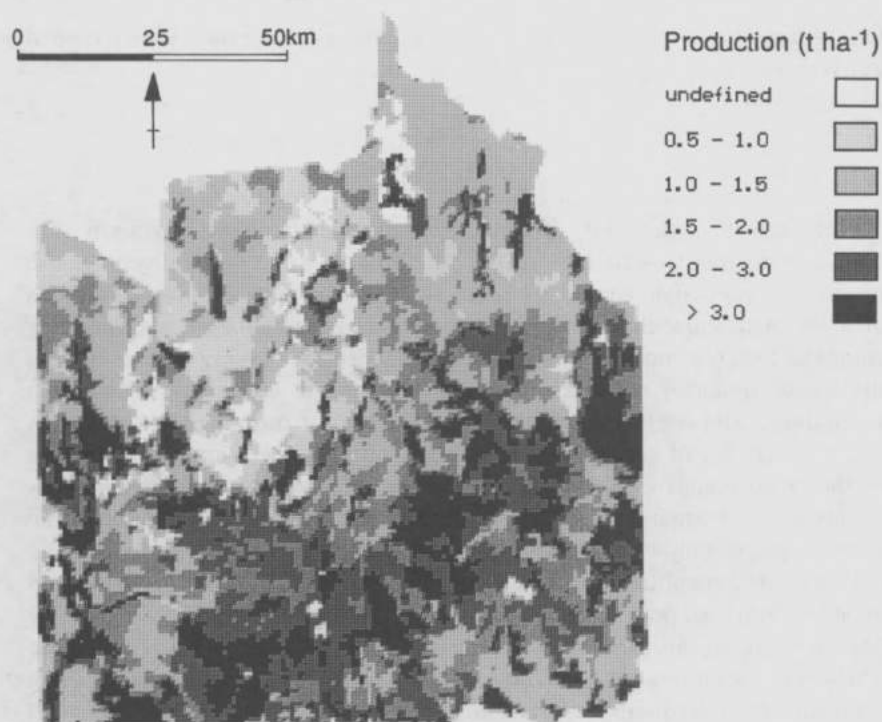


Fig. 7. — Distribution of estimated land production potential (LPP) of maize.

index in the study area and reflects the geographical pattern of soil parent materials. The following sequence in soil suitability can be recognized based on parent material : alluvium > colluvium > basalt/trachyte > granite. Volcanic ash soils have a variable suitability index.

The soil suitability index has a strong impact on the estimated land production potential (Fig. 7). The considerable variability of soil characteristics over short distances will undoubtedly also lead to important local differences in maize productivity. However, integration of this spatial variability is impossible with soil information made available by a reconnaissance soil survey. The generally favourable climatic conditions for maize production are countered by the poor fertility of the soils. This is expressed by the reduction of the WPP to an average LPP of 2.0 t ha<sup>-1</sup>. About 50% of the study area has an estimated production potential below 1.8 t ha<sup>-1</sup>, which was the statistical mean maize yield for Cameroon in 1992 (FAO 1993). Compared to the average farmers' yields of 1.0 t ha<sup>-1</sup>, the LPP values appear to be overestimated. This production gap could be due to local yield-reducing conditions ignored in the current model, such as the use of traditional (low-yielding) varieties, poor management practices, and losses through damage by rainstorms and erosion.

On the other hand, yields varying between 2.7 and 3.4 t ha<sup>-1</sup> have been recorded in five research stations located in the study area.

#### 4. Conclusions

Although the case study of Cameroon showed that the integration of a crop growth model with GIS allowed the study of the variability in maize production potentials caused by differences in soils and climatic conditions at a regional scale, the application of advanced technologies in developing countries for crop modelling efforts has still serious stumbling blocks. Besides the scarce financial resources which may limit the acquisition of modern technologies and the training of specialists, one of the most serious constraints is the availability of accurate environmental data for operation and validation of the crop models available on the market. The use of simulation models is only justified when adequate data are available and when proper validation procedures are followed. Collection of high-quality and timely environmental data sets for agricultural research in most developing countries is critical and must be given high priority. Application of advanced technologies in developing countries implies an increase of the degree of complexity and abstraction of soil survey operations. As a consequence, soil survey will become a much more sophisticated, interdisciplinary and holistic activity, although field work and laboratory analyses of hand-collected samples will still remain the most important tools for gathering basic soil data for crop modelling.

Advanced technologies must not be confined to those who need it least, but should be shared with those who face the greatest problems — in the developing countries. Unfortunately, inequalities between developing and developed countries seem to deepen rather than diminish.

#### BIBLIOGRAPHY

- ADDISCOTT, T. M. & WAGENET, R. J. 1985. Concepts of solute leaching in soils: A review of modeling approaches. — *Journal of Soil Science*, **36**: 411-424.
- BIE, S. W. 1994. Impact of Advanced Technologies. — *In*: UHLIR, P. F. & CARTER, G. C. (Eds.). *Crop Modelling and Related Environmental Data. A Focus on Applications for Arid and Semiarid Regions in Developing Countries*. CODATA Monograph Series, Volume 1, Paris, France, pp. 195-203.
- BURROUGH, P. A. 1986. *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment*. Clarendon Press, Oxford, 194 pp.
- BURROUGH, P. A. 1991. Soil Information Systems. — *In*: MAGUIRE, D. J., GOODCHILD, M. F. & RHIND, D. W. (Eds.). *Geographical Information Systems: Principles and Applications*. Vol. I: Principles. Longman, London, pp. 153-169.
- DAROUSSIN, J., NGONGO, L., KING, D., DELECOLLE, R. & VOSSEN, P. 1993. Coupling Arc/Info with a crop model (Maize) for assessing physical potential over the

- ECs. — *In* : Proceedings of the 8th European Arc/Info User Conference 1993, Greece.
- DAVIES, J. A. & MCKAY, D. C. 1988. Estimating solar radiation from incomplete cloud data. — *Solar Energy*, **41** : 153.
- DAVIES, J. A. & MCKAY, D. C. 1989. Evaluation of selected models for estimating solar radiation on horizontal surfaces. — *Solar Energy*, **43** : 153.
- DE WIT, C. T. & VAN KEULEN, H. 1987. Modelling production of field crops and its requirements. — *Geoderma*, **40** : 253-265.
- DOORENBOS, J. & KASSAM, A. H. 1979. Yield response to water. FAO Irrigation & Drainage Paper 33, FAO, Rome, 193 pp.
- DRIESSEN, P. M. & KONJIN, N. T. 1992. Land-use systems analysis. Wageningen Agric. Univ., Dept. Soil Science & Geology ; INRES, Malang, Indonesia, 230 pp.
- FAO 1978. Report on the agro-ecological zones project. Vol. 1. Methodology and results for Africa. World Resources Report 48, Rome, 158 pp.
- FAO 1987. FAO-Unesco Soil Map of the World. Amended Fourth Draft. Soil Resources Report 60, Rome, 127 pp.
- FAO 1990. FAO-Unesco Soil Map of the World. Revised Legend. World Soil Resources Report 60, Rome, 119 pp.
- FAO 1993. FAO quarterly bulletin of statistics. Rome.
- HAWKINS, P. & BRUNT, M. 1965. The soils and ecology of West Cameroon. Vol. I, Part 2, FAO, Rome, 285 pp.
- HUNT, L. A., JONES, J. W., RITCHIE, J. T. & TENG, P. S. 1990. Genetic coefficients for the IBSNAT crop models, Part I. Symposium Proceedings, IBSNAT Symposium : Decision Support System for Agrotechnology Transfer, Las Vegas, Nevada (16-18 Oct., 1989). Department of Agronomy and Soil Science, College of Tropical Agriculture and Human Resources, Univ. of Hawaii, Honolulu.
- HUNT, L. A., JONES, J. W., TSUJI, G. Y. & UEHARA, G. 1994a. A Minimum Data Set for Field Experiments. — *In* : UHLIR, P. F. & CARTER, G. C. (Eds.). Crop Modelling and Related Environmental Data. A Focus on Applications for Arid and Semiarid Regions in Developing Countries. CODATA Monograph Series, Volume 1, Paris, France, pp. 27-33.
- HUNT, L. A., JONES, J. W., HOOGENBOOM, G., GODWIN, D. C., SINGH, U., PICKERING, N., THORNTON, P. K., BOOTE, K. J. & RITCHIE, J. T. 1994b. General Input and Output File Structures for Crop Simulation Models. — *In* : UHLIR, P. F. & CARTER, G. C. (Eds.). Crop Modelling and Related Environmental Data. A Focus on Applications for Arid and Semiarid Regions in Developing Countries. CODATA Monograph Series, Volume 1, Paris, France, pp. 35-73.
- IGN 1972. Map of Cameroon 1/500,000-sheet of Nkambé. Paris. Inst. Geogr. Nat.
- KHIDDIR, S. M. 1986. A statistical approach in the use of parametric systems applied to the FAO framework for land evaluation. Ph. D., State Univ. Gent, Belgium, 141 pp.
- KIPS, Ph., FAURE, P., AWAH, E. T., MOUKOURI KUOH, H., SAYOL, R. & TCHUENTE, F. 1987. Soils, land use and land evaluation of the North-West Province of Cameroon. FAO-UNDP Soil Resources Project. Tech. Rep. No. 33, Cameroon.
- PENNING DE VRIES, F. W. T., JANSSEN, D. M., DEN BERGE, H. F. M. & BAKEMA, A. 1989. Simulation of Ecophysiological Processes of Growth in Several Annual Crops. Centre for Agricultural Publications and Document, Wageningen.

- RIJTEMA, P. E. & ABOUKHALED, A. 1975. Crop water use. — *In*: Research on crop water use, salt affected soils and drainage in the Arab Republic of Egypt. FAO Regional Office of the Near-East, pp. 5-61.
- RITCHIE, J. T., GODWIN, D. C. & SINGH, U. 1990. Soil and weather inputs for the IBSNAT crop models, Part I. Symposium Proceedings, IBSNAT Symposium: Decision Support System for Agrotechnology Transfer, Las Vegas, Nevada (16-18 Oct. 1989). Department of Agronomy and Soil Science, College of Tropical Agriculture and Human Resources, Univ. of Hawaii, Honolulu.
- RITCHIE, J. T. 1994. Classification of Crop Simulation Models. — *In*: UHLIR, P. F. & CARTER, G. C. (Eds.). Crop Modelling and Related Environmental Data. A Focus on Applications for Arid and Semiarid Regions in Developing Countries. CODATA Monograph Series, Volume 1, Paris, France, pp. 3-14.
- SCHROEDTER, H. 1983. Meteorological problems in the practical use of disease forecasting models. — *EPPO Bull.*, **13**: 307.
- SELIRIO, I. S., BROWN, D. M. & KING, K. M. 1971. Estimation of net and solar radiation. — *Can. J. Plant Sci.*, **51**: 35.
- SYS, C., VAN RANST, E. & DEBAVEYE, J. 1991. Land evaluation. Part II: Methods in land evaluation. Agric. Publ. no. 7 (revised), ABOS, Brussels, 247 pp.
- SYS, C., VAN RANST, E., DEBAVEYE, J. & BEERNAERT, F. 1993. Land evaluation. Part III: Crop requirements. Agric. Publ. no. 7 (revised), ABOS, Brussels, 191 pp.
- TANG, H., VAN RANST, E. & SYS, C. 1992. An approach to predict land production potential for irrigated and rainfed winter wheat in Pinan County, China. *Soil Technology*, Vol. 5, pp. 213-224.
- THOMASSON, A. J. & JONES, R. J. A. 1991. An empirical approach to crop modelling and the assessment of land productivity. *Agric. Systems* 37, Elsevier Science Publ. Ltd, England.
- TICHELAAR, B. W. & RUFF, L. J. 1989. How good are our best models? — *Eos*, May 16.
- VAN OOSTEROM, P. J. M. 1993. *Reactive Data Structures for Geographic Information Systems*. Oxford Univ. Press, Spatial Information Systems, 198 pp.
- VAN RANST, E. 1994. Modelling Land Production Potentials – a new wave in land suitability assessment. — *In*: *New Waves in Soil Science*, ITC-Gent, Publ. Series no. 7, Univ. of Zimbabwe, Harare: 192-232.



**Séance du 19 décembre 1995**

---

**Zitting van 19 december 1995**

## Séance du 19 décembre 1995

(Extrait du procès-verbal)

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

*Sont en outre présents* : MM. J. Alexandre, I. Beghin, E. Bernard, J. Bouharmont, M. De Dapper, E. De Langhe, L. Eyckmans, A. Fain, C. Fieremans, P. G. Janssens, J. Mortelmans, H. Nicolăi, J. Semal, J.-J. Symoens, C. Sys, membres titulaires ; MM. A. de Scoville, R. Dudal, S. Geerts, P. Goyens, J.-M. Jadin, F. Malaisse, H. Maraite, A. Saintraint, E. Van Ranst, membres associés ; M. M. Frère, membre correspondant.

*Ont fait part de leur regret de ne pouvoir assister à la séance* : MM. J. Bolyn, M. Deliens, M. De Smet, J. D'Hoore, P. Gigase, J. Jadin, A. Lawalrée, S. Pattyn, Mme F. Portaels, MM. M. Reynders, E. Robbrecht, R. Swennen, E. Tollens, P. Van der Veken, J. Vercruysse, M. Wéry.

### «*Controle van East Coast Fever (Theileria parva) bij het vee in Zambia*»

M. J. Brandt de l'Institut de Médecine Tropicale Prince Léopold présente une étude intitulée comme ci-dessus et réalisée en collaboration avec MM. D. Berkvens et D. Geysen.

MM. L. Eyckmans, E. De Langhe, A. Fain et J. Mortelmans interviennent dans la discussion.

Après le départ de l'orateur, la Classe désigne MM. S. Geerts et L. Eyckmans en qualité de rapporteurs.

### **Influences climatiques et anthropiques sur l'environnement au Pléistocène supérieur et à l'Holocène au Rwanda et au Burundi**

M. E. Roche présente une communication intitulée comme ci-dessus.

MM. J. Alexandre, A. Fain, M. De Dapper et E. Bernard interviennent dans la discussion.

M. Roche ne dispose pas de texte de cette communication.

### **La pédologie peut-elle être une «science» holistique ?**

Lors de la séance du 28 février 1995, M. M. Catizzone a présenté une communication intitulée comme ci-dessus.

Après avoir entendu les rapports de MM. R. Dudal et C. Sys, la Classe décide la publication de cette étude dans le *Bulletin des Séances*, moyennant l'application des remarques formulées par les rapporteurs.

## Zitting van 19 december 1995

(Uittreksel van de notulen)

De zitting wordt om 14 u. 30 geopend door M. G. Stoops, Directeur, bijgestaan door Mevr. Y. Verhasselt, Vast Secretaris.

*Zijn bovendien aanwezig* : de HH. J. Alexandre, I. Beghin, E. Bernard, J. Bouharmont, M. De Dapper, E. De Langhe, L. Eyckmans, A. Fain, C. Fieremans, P. G. Janssens, J. Mortelmans, H. Nicolai, J. Semal, J.-J. Symoens, C. Sys, werkende leden ; de HH. A. de Scoville, R. Dudal, S. Geerts, P. Goyens, J.-M. Jadin, F. Malaisse, H. Maraite, A. Saintraint, E. Van Ranst, geassocieerde leden ; M. M. Frère, corresponderend lid.

*Betuigden hun spijt niet aan de zitting te kunnen deelnemen* : de HH. J. Boly, M. Deliens, M. De Smet, J. D'Hoore, P. Gigase, J. Jadin, A. Lawalrée, S. Pattyn, Mevr. F. Portaels, de HH. M. Reynders, E. Robbrecht, R. Swennen, E. Tollens, P. Van der Veken, J. Vercruysse, M. Wéry.

### Controle van East Coast Fever (*Theileria parva*) bij het vee in Zambia

M. J. Brandt, Prins Leopold Instituut voor Tropische Geneeskunde, stelt een studie voor, gemaakt in samenwerking met de HH. D. Berkvens en D. Geysen en getiteld als hierboven.

De HH. L. Eyckmans, E. De Langhe, A. Fain en J. Mortelmans nemen aan de bespreking deel.

Na het vertrek van de spreker, duidt de Klasse de HH. S. Geerts en L. Eyckmans als verslaggevers aan.

### „Influences climatiques et anthropiques sur l'environnement au Pléistocène supérieur et à l'Holocène au Rwanda et au Burundi”

M. E. Roche stelt een mededeling voor getiteld als hierboven.

De HH. J. Alexandre, A. Fain, M. De Dapper en E. Bernard nemen aan de bespreking deel.

M. Roche beschikt niet over een tekst van deze mededeling.

### „La pédologie peut-elle être une 'science' holistique ?”

Tijdens de zitting van 28 februari 1995 stelde M. M. Catizzone een mededeling voor getiteld als hierboven.

Na de verslagen van de HH. R. Dudal en C. Sys te hebben gehoord, beslist de Klasse deze studie in de *Mededelingen der Zittingen* te publiceren, na aanpassing volgens de door de verslaggevers geformuleerde opmerkingen.

**Comité secret**

Les membres titulaires et titulaires honoraires, réunis en Comité secret, désignent par vote secret M. M. De Dapper en qualité de Vice-Directeur pour 1996.

La séance est levée à 17 h 45.

**Besloten Vergadering**

De werkende en erewerkende leden, in Besloten Vergadering bijeen, duiden bij geheime stemming M. M. De Dapper tot Vice-Directeur voor 1996 aan.

De zitting wordt om 17 u. 45 geheven.

**CLASSE DES SCIENCES TECHNIQUES**

---

**KLASSE VOOR TECHNISCHE  
WETENSCHAPPEN**

## Séance du 24 novembre 1995

(Extrait du procès-verbal)

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

*Sont en outre présents* : MM. J. Debevere, J. Delrue, A. Deruyttere, Mgr L. Gillon, MM. G. Heylbroeck, R. Leenaerts, W. Loy, R. Sokal, R. Thonnard, R. Tillé, R. Wambacq, membres titulaires ; MM. M. De Boodt, M. Simonet, membres associés ; MM. E. Bernard, M. Frère, membres de la Classe des Sciences naturelles et médicales ; M. J.-J. Symoens, Secrétaire perpétuel honoraire.

*Ont fait part de leur regret de ne pouvoir assister à la séance* : MM. P. Beckers, Jacques Charlier, Jean Charlier, E. Cuypers, J. De Cuyper, H. Deelstra, C. De Meyer, J.-J. Droesbeke, P. Fierens, A. François, A. Jaumotte, A. Lejeune, J. Michot, J. Roos, F. Suykens, F. Thirion.

### Eloge de M. Franz Bultot

M. E. Bernard prononce l'éloge de M. F. Bultot.

La Classe observe une minute de silence à la mémoire du Confrère disparu. Le texte de cet éloge paraîtra dans l'*Annuaire* de 1996.

### «De toepassing van het HACCP-concept in de levensmiddelenindustrie in de ontwikkelingslanden»

M. J. Debevere présente une communication intitulée comme ci-dessus.

MM. W. Loy, R. Thonnard, R. Leenaerts et M. de Boodt interviennent dans la discussion.

La Classe décide de publier cette étude dans le *Bulletin des Séances* (pp. 651-673).

### Réflexions technologiques et sociologiques d'un biophysicien sur les limites du développement

Lors de la séance du 19 mai 1995, M. M. Locquin a présenté une communication intitulée comme ci-dessus.

La Classe désigne MM. R. Sokal et R. Leenaerts en qualité de rapporteurs.

## **Zitting van 24 november 1995**

(Uittreksel van de notulen)

De zitting wordt om 14 u. 30 geopend door M. R. Paepe, Directeur, bijgestaan door Mevr. Y. Verhasselt, Vast Secretaris.

*Zijn bovendien aanwezig* : de HH. J. Debevere, J. Delrue, A. Deruyttere, Mgr. L. Gillon, de HH. G. Heylbroeck, R. Leenaerts, W. Loy, R. Sokal, R. Thonnard, R. Tillé, R. Wambacq, werkende leden ; de HH. M. De Boodt, M. Simonet, geassocieerde leden ; de HH. E. Bernard, M. Frère, leden van de Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen ; M. J.-J. Symoens, Erevast Secretaris.

*Betuigden hun spijt niet aan de zitting te kunnen deelnemen* : de HH. P. Beckers, Jacques Charlier, Jean Charlier, E. Cuypers, J. De Cuyper, H. Deelstra, C. De Meyer, J.-J. Droesbeke P. Fierens, A. François, A. Jaumotte, A. Lejeune, J. Michot, J. Roos, F. Suykens, F. Thirion.

### **Lofrede van M. Franz Bultot**

M. E. Bernard spreekt de lofrede uit van M. F. Bultot.

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

Deze lofrede zal in het *Jaarboek* 1996 verschijnen.

### **De toepassing van het HACCP-concept in de levensmiddelenindustrie in de ontwikkelingslanden**

M. J. Debevere stelt een mededeling voor getiteld als hierboven.

De HH. W. Loy, R. Thonnard, R. Leenaerts en M. de Boodt nemen aan de bespreking deel.

De Klasse beslist deze studie in de *Mededelingen der Zittingen* te publiceren (pp. 651-673).

### **„Réflexions technologiques et sociologiques d'un biophysicien sur les limites du développement”**

Tijdens de zitting van 19 mei 1995, stelde M. M. Locquin een mededeling voor getiteld als hierboven.

De Klasse duidt de HH. R. Sokal en R. Leenaerts als verslaggevers aan.



### **Historique du réseau triangulé au Congo belge/Zaïre**

Lors de la séance du 19 mai 1995, M. P. Meex a présenté une communication intitulée comme ci-dessus.

La Classe désigne MM. R. Thonnard et M. Van den Herrewegen en qualité de rapporteurs.

### **Nominations**

Par arrêté royal du 1<sup>er</sup> septembre 1995, M. P. Goossens a été nommé membre titulaire.

Par arrêté ministériel du 22 août 1995, MM. D. Demaiffe et C. De Meyer ont été nommés membres associés.

### **«International Conference on Tropical Climatology, Meteorology and Hydrology — *in memoriam* F. Bultot (1924-1995)»**

Le Directeur annonce l'organisation, en collaboration avec l'Institut Royal de Météorologie de Belgique, d'une conférence intitulée «International Conference on Tropical Climatology, Meteorology and Hydrology — *in memoriam* F. Bultot (1924-1995)». Elle se tiendra du 22 au 24 mai 1996. Les membres intéressés sont priés de le faire savoir au moyen du formulaire d'enregistrement joint à la première circulaire.

### **Rwanda**

Le groupe de travail constitué autour du thème du Rwanda s'est réuni sous la coordination de M. E. Lamy le 6 octobre dernier et se réunira à nouveau le 8 décembre. Le groupe envisage d'organiser un colloque consacré à l'Afrique des Grands Lacs.

### **Unesco**

Les représentants du groupe de travail «Unesco» se sont réunis les 12 et 25 octobre derniers sous la coordination de M. J.-J. Symoens, Secrétaire perpétuel honoraire. Le groupe s'est penché sur la problématique des universités africaines. Une séance commune avec les représentants de l'Unesco est envisagée pour le début de l'année 1996.

### **Antarctique**

Conformément au souhait de plusieurs membres, l'Académie a pris part à la réunion du Comité National Belge pour la Recherche Antarctique qui s'est tenue le 10 octobre dernier en vue de la commémoration du centenaire de la Belgica. Plusieurs publications, des expositions et l'organisation d'un symposium sont envisagées.

### **„Historique du réseau triangulé au Congo belge/Zaire”**

Tijdens de zitting van 19 mei 1995, stelde M. P. Meex een mededeling voor getiteld als hierboven.

De Klasse duidt de HH. R. Thonnard en M. Van den Herrewegen als verslaggevers aan.

### **Benoemingen**

Bij koninklijk besluit van 1 september 1995 werd M. P. Goossens tot werkend lid benoemd.

Bij ministerieel besluit van 22 augustus 1995 werden de HH. D. Demaiffe en C. De Meyer tot geassocieerd lid benoemd.

### **„International Conference on Tropical Climatology, Meteorology and Hydrology — *in memoriam* F. Bultot (1924-1995)”**

De Directeur meldt dat de Academie, in samenwerking met het Koninklijk Meteorologisch Instituut van België, van 20 tot 24 mei 1996 een „International Conference on Tropical Climatology, Meteorology and Hydrology — *in memoriam* F. Bultot (1924-1995)” zal organiseren. De leden die hiervoor belangstelling hebben, worden verzocht het inschrijvingsformulier uit de eerste rondzendbrief terug te sturen.

### **Rwanda**

De werkgroep Rwanda vergaderde op 6 oktober jl. met M. E. Lamy als coördinator ; een tweede vergadering is gepland voor 8 december e.k. De groep overweegt een colloquium te organiseren gewijd aan het Afrika der Grote Meren.

### **Unesco**

De vertegenwoordigers van de werkgroep Unesco vergaderden o.l.v. Erevast Secretaris J.-J. Symoens op 12 en 25 oktober jl. en paktten de problematiek van de Afrikaanse universiteiten aan. Een gemeenschappelijke zitting met de vertegenwoordigers van de Unesco is voor begin 1996 gepland.

### **Antarctica**

Gevolg gevend aan de wens van verschillende leden, heeft de Academie deelgenomen aan de vergadering van het Belgisch Nationaal Comité voor Antarctisch Onderzoek. Deze vond plaats op 10 oktober jl. met het oog op de herdenking van de honderdste verjaardag van de Belgica. Worden overwogen : verschillende publicaties, tentoonstellingen en de organisatie van een symposium.

MM. R. Paepe et W. Loy déclarent souhaiter participer à ces activités.

Les membres désirant également y participer sont invités à le faire savoir au secrétariat.

### **Congrès Régional Arabe de Population**

Un Congrès Régional Arabe de Population organisé par la «International Union for the Scientific Study of Population» se tiendra au Caire du 8 au 12 décembre 1996. Des informations complémentaires peuvent être obtenues au secrétariat.

La séance est levée à 17 h.  
Elle est suivie d'un Comité secret.

De HH. R. Paepe en W. Loy wensen aan deze activiteiten deel te nemen.

De leden die aan deze werkzaamheden willen deelnemen, worden verzocht dit aan het secretariaat mee te delen.

**„Arab Regional Population Conference”**

Van 8 tot 12 december 1996 zal in Caïro een „Arab Regional Population Conference” plaatsvinden, georganiseerd door de „International Union for the Scientific Study of Population”. Bijkomende informatie is op het secretariaat beschikbaar.

De zitting wordt om 17 u. geheven.

Zij wordt gevolgd door een Besloten Vergadering.

## De toepassing van het HACCP-concept in de levensmiddelenindustrie in de ontwikkelingslanden \*

door

J. DEBEVERE \*\*

TREFWOORDEN. — HACCP ; Houdbaarheid ; Kwaliteitscontrolesysteem ; Veiligheid ; Tropische garnalen.

SAMENVATTING. — In het kader van de preventieve bestrijding van voedselpathogenen en van vroegtijdig bederf van visserijproducten heeft de Raad van de Europese Gemeenschappen op 22 juli 1991 de Richtlijn 91/493/EEG inzake de gezondheidsvoorschriften voor de productie en het in de handel brengen van visserijproducten vastgelegd. Deze richtlijn is tevens van toepassing voor landen uit de derde wereld die visserijproducten exporteren naar de EEG-landen. De richtlijn verwijst naar het implementeren van het preventief kwaliteitscontrolesysteem gesteund op „Hazard Analysis Critical Control Point” (HACCP) waarmee biologische, chemische en fysische gevaren kunnen beheerst worden. HACCP is een preventief kwaliteitscontrolesysteem dat begint bij het selecteren en aankopen van grondstoffen, ingrediënten en verpakkingsmateriaal en het ganse productieproces volgt tot het eindproduct zoals het geconsumeerd wordt. De HACCP voor rauwe tropische garnalen werd praktisch uitgewerkt.

RESUME. — *L'application du système HACCP dans l'industrie alimentaire des pays du tiers monde.* — Dans le cadre de la lutte préventive contre les micro-organismes pathogènes alimentaires et la détérioration précoce des produits de la pêche, la Commission des Communautés Européennes a arrêté la directive 91/493/CEE du Conseil du 22 juillet 1991 fixant les règles sanitaires régissant la production et la mise sur le marché des produits de la pêche. Cette directive s'applique aussi aux pays du tiers monde qui exportent des produits de la pêche vers les pays de la CEE. La directive prévoit d'appliquer un système préventif de contrôle de la qualité basé sur le principe du «Hazard Analysis Critical Control Point» (HACCP) qui permet de maîtriser les dangers microbiologiques, chimiques et physiques. HACCP est un système préventif de contrôle de la qualité qui commence lors de la sélection et de l'achat des matières premières, ingrédients, matériaux d'emballage, et qui suit l'ensemble du processus de

---

\* Mededeling voorgelegd tijdens de zitting van de Klasse voor Technische Wetenschappen gehouden op 24 november 1995. Tekst ontvangen op 24 november 1995.

\*\* Werkend lid van de Academie ; Vakgroep Levensmiddelentechnologie, Faculteit Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen, Universiteit Gent, Coupure Links 653, B-9000 Gent (België).

fabrication jusqu'au produit fini tel qu'il est consommé. Le système HACCP pour les crevettes crues tropicales à été développé dans la pratique.

**SUMMARY.** — *The Application of the HACCP-system in the Food Industry of Third World Countries.* — As part of the preventive struggle against food pathogens and the early deterioration in fishery products, the Commission of the European Communities has adopted the 91/493 EEC directive of the Council of 22nd July 1991 which determines the health regulations for the production and marketing of fishery products. This directive is also applicable to the Third World countries which export fishery products to the EEC countries. The directive provides for the implementation of a preventive quality control system based on the principle known as "Hazard Analysis Critical Control Point" (HACCP) by which microbiological, chemical and physical hazards could be controlled. HACCP is a preventive quality control system which starts at the selection and purchase of raw materials, ingredients, packing and which follows the whole manufacturing process until the finished product such as it is consumed. The HACCP system has been experimented on tropical raw shrimps.

## 1. Inleiding

De invoer van tropische en subtropische vis, schaal- en weekdieren in de landen van de Europese Gemeenschap is de jongste jaren enorm toegenomen. In het kader van de preventieve bestrijding van voedselpathogenen en van vroegtijdig bederf van deze producten heeft de Raad van de Europese Gemeenschappen op 22 juli 1991 de Richtlijn 91/493/EEG inzake de gezondheidsvoorschriften voor de productie en het in de handel brengen van visserijproducten vastgelegd (Publikatieblad L268 — 24.10.1991). Deze richtlijn is zowel van toepassing voor landen uit de derde wereld als voor de lidstaten van de Europese Gemeenschap. Artikel 6 van deze richtlijn verwijst naar het implementeren van het preventief kwaliteitscontrolesysteem gesteund op *Hazard Analysis Critical Control Point* waarmee biologische, chemische en fysische gevaren kunnen beheerst worden. Hierdoor kunnen de gevaren en risico's die aan de productie van levensmiddelen verbonden zijn meestal tot een aanvaardbaar niveau worden gereduceerd of volledig worden geëlimineerd of voorkomen door toepassing van de HACCP-methodiek.

## 2. Historisch perspectief

### 2.1. DE TRADITIONELE BENADERING

Om te controleren of een bedrijf aan de gestelde vereisten en normen voldeed, werden in het verleden door kwaliteitscontroleurs en officiële instanties inspecties verricht op het naleven van de vooropgestelde *good practices* en

monsters genomen van de eindproducten die dan in laboratoria op hun kwaliteit en veiligheid werden getest (ICMSF 1988).

### 2.1.1. *Microbiologische eindproductcontrole*

In het verleden beperkten de meeste bedrijven zich tot een eindproductcontrole, waarbij werd nagegaan of een partij voldeed aan de specificaties en waarbij afwijkende producten werden verwijderd. Op basis daarvan waarborgden men producten van goede microbiologische kwaliteit.

Deze benadering heeft echter tal van nadelen :

- Om representatieve gegevens te bekomen over de microbiologische kwaliteit van een partij levensmiddelen moet een groot aantal monsters genomen en geanalyseerd worden ;
- Fouten worden pas na het productieproces gedetecteerd ;
- Het moment waarop de fout optrad is nog moeilijk te achterhalen ;
- Er is niet noodzakelijk een verband tussen de microbiologische kwaliteit van een product en zijn veiligheid (bvb. *Staphylococcus aureus* afwezig — enterotoxine aanwezig) ;
- Wanneer het eindproduct niet aan de gestelde eisen voldoet, kan de veiligheid van de onderzochte partij niet meer gewaarborgd worden en ligt het economisch verlies erg hoog ;
- Producten met een korte houdbaarheid kunnen onmogelijk weerhouden worden in het bedrijf tot de resultaten van de microbiologische analyses bekend zijn.

### 2.1.2. *Inspectie*

De talrijke nadelen verbonden aan eindproductcontrole verplichtten lokale, nationale en internationale instanties tot het ontwikkelen van verordeningen, *codes of practices* en wetten met betrekking tot verwerking, behandeling en verkoop van levensmiddelen met als doel de bevolking te beschermen tegen fraude en ziekte. Dergelijke wetten hebben echter tal van tekortkomingen. Meestal werd er gebruik gemaakt van vage bewoordingen en werd er niet nader gespecificeerd welke handelingen nu wel en welke niet met de wet overeenstemmen. Door een gebrek aan specificering en indicatie van het relatief belang van de vereisten, worden de toepassing en de beoordeling van die wetsbepalingen overgelaten aan de interpretatie van respectievelijk de producent en de inspecteur.

Een tweede tekortkoming wanneer de kwaliteitscontrole louter berust op inspectie, is het volgende. Een inspecteur die een bedrijf bezoekt om te controleren of de vooropgestelde praktijken wel worden toegepast, zal enkel een oordeel kunnen vellen over een periode van hoogstens één dag en waarschijnlijk maar over een deel van de totale productie. Hij ziet enkel de situatie zoals

die zich op dat ogenblik voordoet en heeft geen overzicht op het gehanteerde kwaliteitssysteem.

Uit wat voorafgaat blijkt duidelijk dat er een behoefte is aan een actief kwaliteitscontrolesysteem dat de risicoplaatsen identificeert, onder controle houdt en mogelijke contaminatie tijdens productie en gebruik van levensmiddelen minimaliseert. Een dergelijk systeem zou een rationeel alternatief zijn voor de tot nu toe gebruikte inefficiënte kwaliteitscontroleprogramma's.

## 2.2. HACCP

### 2.2.1. Ontstaansgeschiedenis

Het HACCP-systeem ontstond in 1960 door de inspanningen van *The Pillsbury Co.*, de *Army Natick Research and Development Laboratories* en de *National Aeronautics and Space Administration* om een volledig veilige voeding te ontwikkelen voor astronauten. Enkel door eindproductcontrole konden de zeer strikte criteria en vereisten niet geverifieerd en onder controle gehouden worden. Daarom was het noodzakelijk het productieproces zo te ontwerpen dat eliminatie van mogelijke gevaren kon verzekerd worden (ICMSF 1988, MORTIMER & WALLACE 1994, NACMCF 1992).

In eerste instantie was het HACCP-concept nagenoeg uitsluitend gericht op de microbiologische aspecten van voedselveiligheid. Recent worden de principes ook toegepast op andere aspecten zoals vreemde voorwerpen en chemische verontreiniging.

### 2.2.2. Doel van het HACCP-systeem

Het HACCP-systeem is een systematische benadering die leidt tot het opsporen, vastleggen en beheersen van mogelijke gevaren. Van zodra er iets fout loopt kan snel en efficiënt ingegrepen worden waardoor vermeden wordt dat grote partijen worden afgekeurd en de volksgezondheid in het gedrang komt. In dit systeem worden de vele zwakke punten inherent aan controle door inspecteurs en microbiële eindproductcontrole omzeild. Door zich enkel te concentreren op deze factoren die rechtstreeks effect hebben op de veiligheid van het levensmiddel moet geen energie en geld gependeed worden aan minder belangrijke en niet-relevante zaken. Dit systeem is door zijn gestructureerde en kritische aanpak goedkoper en effectiever dan de traditionele controlesystemen.

Producenten kunnen nu aantonen dat ze de productie-omstandigheden onder controle hebben en dat veilige producten worden afgeleverd. Bovendien kunnen overheidsinspecteurs nu het effect van de maatregelen genomen door het voedingsbedrijf nagaan op lange termijn, daar waar de vroegere inspecties maar een beeld gaven van de toestand op een bepaald ogenblik.



Het HACCP-systeem is dus een preventief kwaliteitsborgingssysteem dat begint bij het selecteren en aankopen van grondstoffen, ingrediënten en verpakkingsmateriaal en het ganse productieproces volgt tot het eindproduct zoals het geconsumeerd wordt.

Om tot een efficiënt werkzaam systeem te komen is het wel belangrijk dat het HACCP-concept op de juiste manier wordt toegepast, namelijk op maat van het bedrijf, het productieproces en de eindproducten. Wanneer zich wijzigingen voordoen moet het HACCP-plan bijgevolg herzien en waar nodig aangepast worden.

### 3. Principes van het HACCP-concept

HACCP is een systematische benadering om voedselveiligheid te garanderen en omvat zeven basisprincipes (LEAPER 1992, CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION 1993, ICMSF 1988, FLAIR 1994, MORTIMER & WALLACE 1994, NACMCF 1992):

*Principe 1:* Identificatie van de mogelijke gevaren geassocieerd met productie, verwerken en behandelen, distributie, verkoop en gebruik van rauwe producten of levensmiddelen. Nagaan wat de ernst en het risico is van de gevaren. Preventieve maatregelen vastleggen om de gevaren te beheersen.

*Principe 2:* Determinatie van de productiestappen of handelingen die moeten beheerst en onder controle gehouden worden om mogelijke gevaren te elimineren of tot een minimum te herleiden. Dit is determinatie van de kritische controlepunten (CCP's).

*Principe 3:* Specificatie van richtwaarden of criteria en toegelaten afwijkingen waaraan moet voldaan zijn om met zekerheid te kunnen zeggen dat een CCP onder controle is.

*Principe 4:* Het ontwikkelen en implementeren van een monitoring systeem waarmee elk CCP kritisch kan gevolgd worden om zo na te gaan of het betreffende CCP onder controle is.

*Principe 5:* Het opstellen en implementeren van de nodige corrigerende maatregelen of bijstellingen wanneer de resultaten bekomen via monitoring aangeven dat een bepaald CCP niet meer onder controle is.

*Principe 6:* Het ontwikkelen van een systeem volgens hetwelk alle registraties en gegevens over ingrediënten, processtadia en productcontroles zorgvuldig worden bijgehouden.

*Principe 7:* Verificatie: periodiek vaststellen of de preventieve maatregelen en de monitoring van het ontwikkelde HACCP-systeem adequaat zijn voor het gestelde kwaliteitsniveau; met behulp van supplementaire informatie bewijzen dat het HACCP-plan efficiënt werkzaam is.

#### 4. Het 14-stappenplan (FLAIR 1994, LEAPER 1992)

##### OVERZICHT :

0. Directieverklaring ;
1. Stel een HACCP-groep samen ;
2. Bepaal het doel van de HACCP-studie ;
3. Beschrijf het product ;
4. Beschrijf het gebruik van het product en de consumentengroep ;
5. Stel een stroomschema op ;
6. Verifieer het stroomschema ter plaatse ;
7. Voer een gevarenanalyse uit ;
8. Identificeer de kritische controlepunten ;
9. Leg criteria en toleranties vast ;
10. Stel een controlesysteem op ;
11. Stel corrigerende maatregelen op ;
12. Stel een documentatiesysteem op ;
13. Stel een verificatieproces op ;
14. Herzie het HACCP-plan.

##### *Stap 0 : Directieverklaring*

Deze stap houdt een verklaring in van de directie waarbij aangegeven wordt wat het belang is van HACCP en waarom in het bedrijf — naast uiteraard de wettelijke verplichting — werd gekozen voor toepassing van de HACCP-principes. Hierbij kan verwezen worden naar de wet op productaansprakelijkheid en hiermee samenhangend het belang van traceerbaarheid, vastgelegde verantwoordelijkheden, corrigerende maatregelen en concrete controles met registratie.

De veiligheid van producten is een verantwoordelijkheid van de onderneming en dient deel uit te maken van het ondernemingsbeleid. Het beleid moet op alle niveaus van het bedrijf gekend, geïmplementeerd en onderhouden worden. Invoeren en implementeren van HACCP moet via een *top-down* benadering verlopen. De directieverklaring moet aangezien worden als een onderbouwde uitspraak over de verantwoordelijkheid van de directie voor het afleveren van veilige producten en als motivatie van het personeel.

##### *Stap 1 : Vorming van een HACCP-team*

Een HACCP-plan kan onmogelijk opgesteld en geïmplementeerd worden door één persoon. Het is belangrijk dat een HACCP-plan wordt uitgewerkt in samenspraak met personen werkzaam in verschillende disciplines in het bedrijf. Het opstellen van een HACCP-werkgroep betekent niet dat alle leden van de werkgroep bij alle vergaderingen dienen aanwezig te zijn. Eén persoon kan de taak hebben het HACCP-plan uit te werken en te implementeren

maar dient zich, naargelang de uit te voeren stappen, te beroepen op de medewerking van andere personen bvb. :

- Directie / Management wat betreft algemeen kwaliteitsbeleid, traceerbaarheid, terugnemen van goederen ;
- Inkoopdienst : vereisten gesteld aan grondstoffen, uitkiezen van leveranciers, *audits* bij leveranciers, grondstofsificaties ;
- Kwaliteitsdienst : overkoepelende functie, gevarenanalyse, CCP's, nodige controles, verificatie, productieproces ;
- Productieverantwoordelijke die verantwoordelijk is voor of nauw betrokken is bij de fabricage van het product en een bijdrage kan leveren bij het opstellen van procedures, registratieformulieren, hygiënerichtlijnen ;
- Technische dienst die over de nodige praktische kennis beschikt inzake werking en hygiëne van de apparaten en het materieel die bij de vervaardiging van het product worden gebruikt ;
- Specialist die beschikt over bijzondere kennis op het gebied van HACCP, microbiologie, voedingshygiëne en voedingsmiddelentechnologie.

Eén enkel persoon kan meer dan één rol vervullen, voor zover het *team* steeds over voldoende kennis, ervaring en informatie beschikt en die informatie voldoende wordt doorgegeven. Het bedrijf dient de minimale vereisten voor *team* leden vast te leggen.

*Voorbeeld* : HACCP studie voor rauwe, tropische garnalen.

#### *Stap 2 : Het doel van de studie*

De hier uitgewerkte HACCP-studie betreft de vangst / het oogsten en de verwerking van rauwe tropische garnalen in het land van herkomst.

Het doel van deze HACCP-studie is tot een volledige beheersing te komen van het productieproces zodat de bekomen eindproducten geen risico inhouden voor de gezondheid van de consument. Hierbij worden zowel microbiologische, chemische als fysische gevaren in beschouwing genomen. Bovendien wordt ook de algemene microbiologische kwaliteit in rekening gebracht. Daar garnalen van nature uit reeds erg besmet zijn, worden twee doelstellingen voor ogen gehouden : (1) de besmettingsgraad zo laag mogelijk houden ; (2) de uitgroei van de aanwezige kiemen verhinderen. Dit kan bekomen worden door het toepassen van de basisprincipes van algemene hygiëne en GMP, omvat binnen een HACCP-plan.

Microbiologische gevaren met betrekking tot bederf : (1) Gram-positieve kiemen : *Micrococcus*, *Bacillus*, *Corynebacterium* ; (2) Gram-negatieve staafjes : *Pseudomonas*, *Acinetobacter*-*Moraxella*, *Shewanella putrefaciens*.

Microbiologische gevaren met betrekking tot veiligheid : *Clostridium botulinum* type E en de niet proteolytische types B en F evenals *Vibrio parahaemolyticus* en *Aeromonas* spp. zijn pathogene bacteriën die kunnen behoren tot de normale microflora van Crustaceae.

De aanwezigheid van andere pathogene bacteriën is te wijten aan het vangen of kweken in gepollueerd water en onhygiënische behandeling aan boord of aan land: *Clostridium perfringens*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Salmonella* spp., *Shigella* spp., *Escherichia coli*, *Vibrio cholerae*, *Listeria monocytogenes*.

Fysische gevaren: het voorkomen van vreemde voorwerpen op zich is hier minder kritisch daar tijdens de verwerking in de importerende landen nog een controle gebeurt op vreemde voorwerpen (trilzeven, uitlezen, metaaldetectie, kleursorteerder, ...). Vreemde voorwerpen die oorzaak zijn van een bijkomende microbiële contaminatie vormen een microbiologisch gevaar.

Chemische gevaren: residu's van reinigings- en desinfectiemiddelen; additieven: natriummetabisulfit; zware metalen; organochloorverbindingen in water.

#### *Stap 3 : Beschrijving van het product*

Rauwe, tropische garnalen: tropische garnalen worden dicht bij de kust gevangen of in kwekerijen geoogst. Aan boord van het schip of in de kwekerij worden ze gesorteerd, gewassen en onder ijs getransporteerd. In het verwerkend bedrijf worden de garnalen van het ijs ontdaan, gewassen, gedompeld en, afhankelijk van het gewenste eindproduct, ontcopt, ontcopt/gepeld, ontcopt/gepeld/ontdaan van de ingewanden of met kop en schaal verder verwerkt, nl. wassen, koelen, in blok diepvriezen en verpakken.

#### *Stap 4 : Gebruik van het product en de consumentengroep*

Het voorbereidend werk zoals hierboven beschreven gebeurt in het land van herkomst. Het merendeel van deze producten wordt geëxporteerd naar westerse landen waar de garnalen verder verwerkt worden: ontdooien en individueel invriezen; ontdooien, koken en individueel invriezen; ontdooien, koken, bewaarestoffen toevoegen en als dusdanig verpakken; ...

Vervolgens kunnen die garnalen rechtstreeks aan groothandelaars of aan bedrijven verkocht worden die ze verder verwerken (bvb. in salades, bereide maaltijden,...) of als dusdanig in de detailhandel aan de consument verkocht worden.

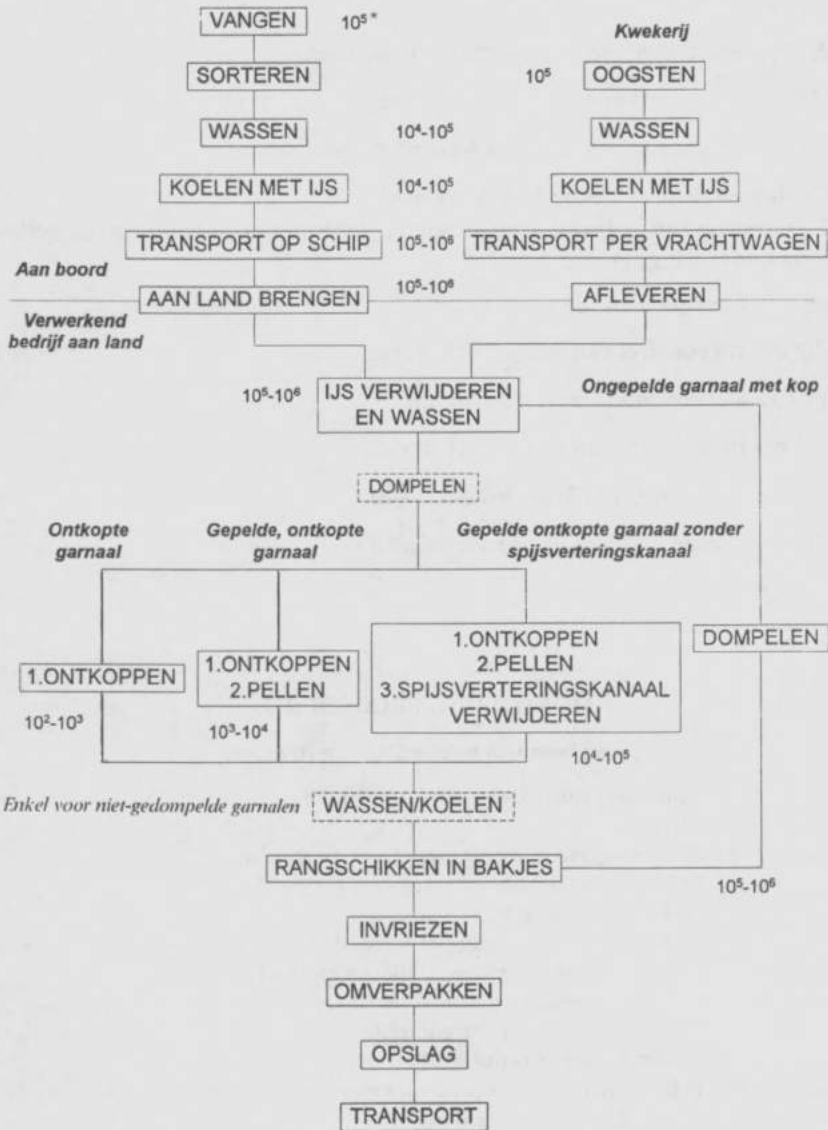
De verbruikersgroep is de algemene consument, met inbegrip van zwakke groepen zoals bejaarden en kinderen. Er moet dus uiterste zorg besteed worden aan de beheersing van het hele productieproces teneinde de gevaren die zich kunnen voordoen te elimineren, te voorkomen of te reduceren tot een aanvaardbaar niveau.

Garnalen worden nooit rauw gegeten. Hetzij bij de producent, hetzij bij de consument wordt een verhittingsstap doorgevoerd. Deze stap is echter onvoldoende om een volledige afdoding van pathogenen en bederfveroorzakende kiemen te bekomen en mag niet als beslissende stap beschouwd worden. Het respecteren van de algemene hygiëne, het niet onderbreken van de koude keten

en het toepassen van GMP zijn vereisten die tijdens het volledige productieproces (van grondstof tot consument) dienen in acht genomen te worden.

*Stap 5 : Het opstellen van een stroomschema*

## RAUWE, TROPISCHE GARNALEN



\* Totaal aantal kiemen per gram.

*Stap 6 : Verificatie van het stroomschema*

Het HACCP-team moet ter plaatse het stroomschema toetsen op zijn deugdelijkheid tijdens de werkuren. Er moet worden nagegaan of het stroomschema volledig is en geldig is voor alle productieperioden (bvb. nachtploegen, weekends, vakantieperioden, ...). Deze verificatie dient regelmatig herhaald te worden.

*Stap 7 : Gevarenanalyse en preventieve maatregelen*

Zie het eerste deel van de overzichtstabel.

*Stap 8 : Identificatie van de kritische controlepunten*

Zie het eerste deel van de overzichtstabel.

Identificatie van kritische controlepunten gebeurt aan de hand van de beslissingsboom (zie Fig. 1).

*Stap 9 : Leg criteria en toleranties vast*

Zie het tweede deel van de overzichtstabel.

*Stap 10 : Stel een monitoringsysteem op*

Zie het tweede deel van de overzichtstabel.

*Stap 11 : Leg corrigerende maatregelen vast*

Zie het tweede deel van de overzichtstabel.

## MONITORING PROCEDURES

### Aan boord/in kwekerij/tijdens transport

- Procedure 1 : Beheersing van het viswater/kweekwater
  - CCP 1.1
- Procedure 2 : Beheersing van reiniging, desinfectie en spoelen
  - CCP 1.2 : het dek/de kwekerij
  - CCP 2.2 : de bakken
  - CCP 5.2 : het ruim van het schip/de laadruimte van de vrachtwagen
- Procedure 3 : Beheersing van de hygiënerichtlijnen en GMP
  - CCP 2.1 : personeel tijdens sorteren
  - CCP 3.1 : wassen van de garnalen
  - CCP 4.1 : met ijs bedekken
- Procedure 4 : Beheersing van de temperatuur en de doorlooptijd
  - CCP 2.3 : sorteersnelheid
  - CCP 4.1 : koelsnelheid + producttemperatuur
  - CCP 5.1 : temperatuur in ruim/vrachtwagen tijdens transport

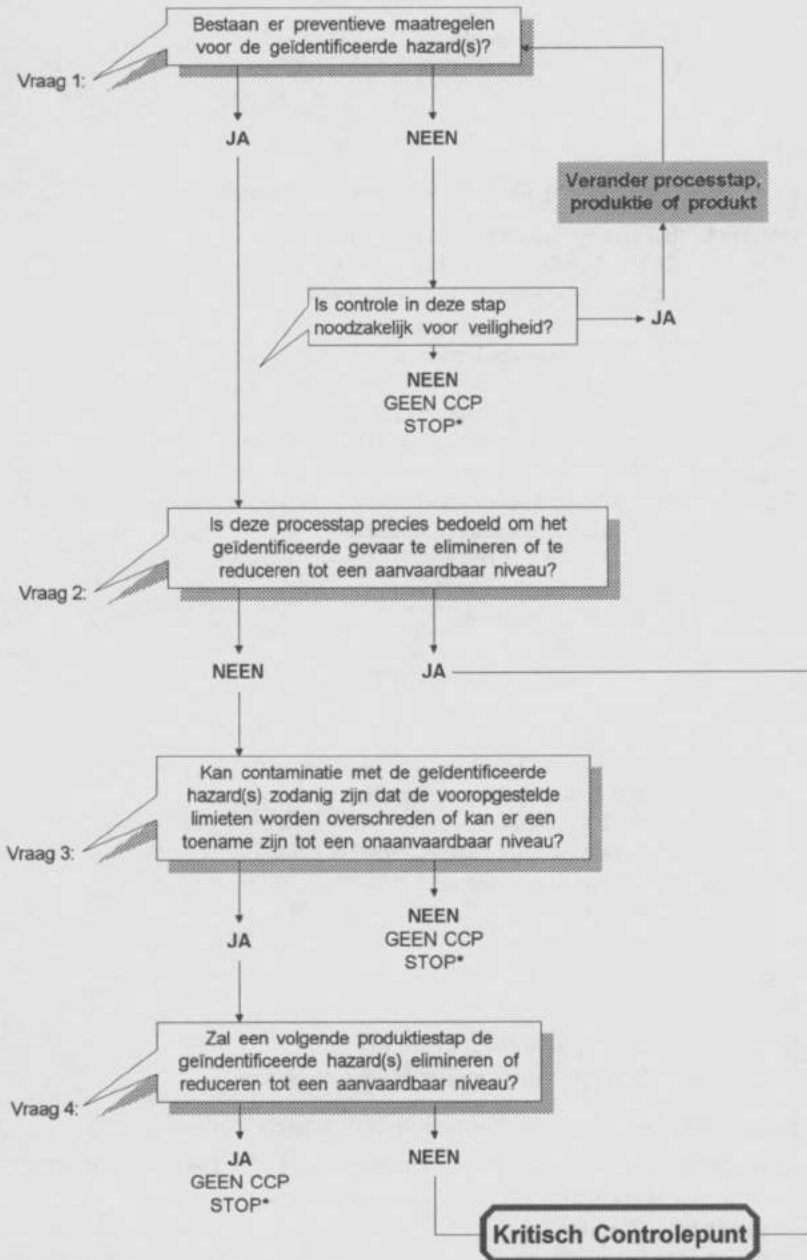


Fig. 1. — De CCP-beslissingsboom.

- Procedure 5 : Beheersing van de waterkwaliteit  
CCP 3.2/3.3 : waswater  
CCP 4.2/4.3 : ijs

**Bij afleveren/in verwerkend bedrijf**

- Procedure 1 : Beheersing van de temperatuur en doorlooptijd  
CCP 6.1 : afleveren/lossen (snelheid + producttemperatuur)  
CCP 9.1 : ontkoppen/pellen/spijsverteringskanaal verwijderen  
(omgevingstemperatuur)  
CCP 10.1 : wassen/koelen (producttemperatuur)  
CCP 11.1 : rangschikken in bakjes (omgevingstemperatuur)  
CCP 15.1 : transporttemperatuur
- Procedure 2 : Beheersing van de hygiënerichtlijnen en GMP  
CCP 6.2 : afleveren/lossen  
CCP 9.2 : ontkoppen/pellen/spijsverteringskanaal verwijderen  
CCP 11.2 : rangschikken in bakjes  
CCP 13.1 : verpakken
- Procedure 3 : Beheersing van de waterkwaliteit  
CCP 7.1/7.2 : waswater  
CCP 10.2/10.3 : was- en koelwater  
CCP 11.4/11.5 : glaceerwater
- Procedure 4 : Beheersing van het dompelen  
CCP 8.1
- Procedure 5 : Beheersing van reiniging, desinfectie en spoelen  
CCP 9.3 : werktafels/werkomgeving  
CCP 11.3 : bakjes  
CCP 13.2 : werkoppervlak bij verpakking
- Procedure 6 : Beheersing van invriezen  
CCP 12.1

*Stap 12 : Stel een documentatiesysteem op*  
(essentieel voor de toepassing van het HACCP-systeem)

Twee soorten documenten kunnen onderscheiden worden :

- de documentatie betreffende de uitgewerkte HACCP-studie + monitoring-procedures, werkinstructies, algemene richtlijnen  
= het HACCP-plan  
= het HACCP-handboek
- registraties betreffende de beheersing van de CCP's, de voorgekomen afwijkingen, de getroffen corrigerende maatregelen, de uitgevoerde *audits*, het ongediertebestrijdingsplan, ...



Overzichtstabel — Deel 1

Gevarenanalyse, preventieve maatregelen, bepaling van de CCP'S

Processtap	Potentieel gevaar	Aard	Preventieve maatregelen	CCP				
				1	2	3	4	nr.
1. Vangst/Oogsten	1. Contaminatie met pathogenen door vangen/Kweken in gepollueerd water	M	1-2. Selectie van de visgronden/ Kweken in niet-gepollueerde zones	J	N	J	N	1.1
	2. Contaminatie met zware metalen en organochloorverbindingen	C						
	3. Microbiële contaminatie door onhygiënische omstandigheden aan boord (dek)/in kwekerij	M	3-4. Werkinstructie : deel van het dek enkel gebruiken voor lossen en manipulatie van de garnalen	J	N	J	N	1.2
	4. Contaminatie met petroleum en olie-resten aan boord	C	Duidelijke reinigings- en desinfectie-procedures					
2. Sorteren	1. Bijkomende contaminatie via personeel	M	1. Duidelijke hygiënerichtlijnen	J	N	J	N	2.1
	2. Bijkomende contaminatie via vuile bakken	M	2-3. Duidelijke reinigings- en desinfectie-procedures voor bakken + instructies voor spoelen	J	N	J	N	2.2
	3. Residu's van reinigings- en desinfectiemiddelen	C						
	4. Uitgroei van aanwezige kiemen bij onnodige vertraging	M	4. Werkinstructie : zo snel mogelijk na de vangst sorteren	J	N	J	N	2.3

Processtap	Potentieel gevaar	Aard	Preventieve maatregelen	CCP				
				1	2	3	4	nr.
3. Wassen	1. Verhoogde contaminatie wanneer modder onvoldoende wordt weggespoeld	M	1. Werkinstructie : grondig spoelen na sorteren/oogsten	J	J			3.1
	2. Bijkomende contaminatie bij gebruik van onzuiver water	M	2. Enkel drinkwater of zuiver zeewater gebruiken + eventueel desinfecteren	J	N	J	N	3.2
	3. Te hoog desinfectansgehalte	C	3. Automatische dosering	J	N	J	N	3.3
4. Koelen met ijs	1. Uitgroei van aanwezige micro-organismen bij te trage koeling	M	1. Werkinstructie : na sorteren onmiddellijk koelen + in beperkte hoeveelheid afvullen en op de juiste manier met ijs bedekken	J	N	J	N	4.1
	2. Bijkomende contaminatie door ijs of gekoeld zeewater van onvoldoende microbiologische kwaliteit	M	2. Enkel drinkwater of zuiver zeewater gebruiken + eventueel desinfecteren	J	N	J	N	4.2
	3. Te hoog desinfectansgehalte	C	3. Automatische dosering	J	N	J	N	4.3
5. Transport	1. Uitgroei van aanwezige kiemen bij te hoge temperatuur	M	1. Continue beheersing van de temperatuur in het ruim	J	N	J	N	5.1
	2. Bijkomende contaminatie via het ruim/de vrachtwagen	M	2. Duidelijke reinigings- en desinfectieprocedures voor het ruim/de vrachtwagen	J	N	J	N	5.2

Processtap	Potentieel gevaar	Aard	Preventieve maatregelen	CCP				
				1	2	3	4	nr.
6. Aan land brengen/ afleveren	1. Uitgroei van aanwezige micro-organismen bij onderbreking van de koude keten	M	1. De garnalen zonder vertraging lossen en zo snel mogelijk in koelruimte plaatsen	J	N	J	N	6.1
	2. Contaminatie met vreemde voorwerpen en microbiële contaminatie door onzorgvuldig lossen (sigarettepeuken, kroonkurken, uitwerpselen van vogels)	F/M	2. Werkinstructie (zie ook 1) + hygiënerichtlijn voor personeel	J	N	J	N	6.2
7. IJs verwijderen en wassen	1. Bijkomende contaminatie door gebruik van onzuiver waswater	M	1. Enkel drinkwater gebruiken + eventueel desinfecteren	J	N	J	N	7.1
	2. Te hoog desinfectansgehalte	C	2. Automatische chloordosering	J	N	J	N	7.2
8. Dompelen	1. Te hoge concentratie metabisulfit ⇒ schadelijk	C	1-2. Werkinstructie voor aanmaak en gebruik van dompelvloeistof	J	J			8.1
	2. Te lage concentratie metabisulfit en te korte dompeltijd ⇒ melanosis	M						
9. Ontkopen, pellen, spijsverteringskanaal verwijderen	1. Uitgroei van aanwezige kiemen door onderbreken van de koude keten	M	1. Werken in geconditioneerde ruimte + doorlooptijd beperken	J	N	J	N	9.1
	2. Bijkomende contaminatie via personeel	M	2. Strikte hygiënerichtlijn	J	N	J	N	9.2

Processtap	Potentieel gevaar	Aard	Preventieve maatregelen	CCP				
				1	2	3	4	nr.
	3. Bijkomende contaminatie via materiaal en omgeving	M	3-4. Duidelijke reinigings- en desinfectieprocedures, regelmatig verwijderen van afval + instructies voor spoelen	J	N	J	N	9.3
	4. Residu's van reinigings- en desinfectiemiddelen	C						
	5. Onvoldoende verwijderen van resten (poten, antennen, skelet)	F	5. Werkinstructie	J	N	N		CP
<b>10. Wassen en koelen</b>	1. Uitgroei van aanwezige kiemen bij verhoogde temperatuur	M	1. Werkinstructie : na manipulatie zo snel mogelijk wassen met gekoeld water	J	J			10.1
	2. Bijkomende contaminatie via onzuiver waswater	M	2. Enkel drinkwater gebruiken + eventueel desinfecteren	J	N	J	N	10.2
	3. Te hoog desinfectansgehalte	C	3. Automatisch doseren	J	N	J	N	10.3
<b>11. Rangschikken in bakjes</b>	1. Uitgroei van aanwezige kiemen bij onderbreken van de koude keten	M	1. Verpakken in geconditioneerde omgeving + snelle doorlooptijd	J	N	J	N	11.1
	2. Bijkomende contaminatie via personeel	M	2. Strikte hygiënerichtlijnen/ Handschoenen dragen	J	N	J	N	11.2
	3. Bijkomende contaminatie via bakjes	M	3-4. Duidelijke reinigings- en desinfectieprocedures + instructies voor spoelen	J	N	J	N	11.3

Processtap	Potentieel gevaar	Aard	Preventieve maatregelen	CCP				
				1	2	3	4	nr.
	4. Residu's van reinigings- en desinfectiemiddelen	C						
	5. Bijkomende contaminatie door te glaceren met water van onvoldoende microbiologische kwaliteit	M	5. Enkel drinkwater gebruiken + eventueel desinfecteren	J	N	J	N	11.4
	6. Te hoog desinfectansgehalte	C	6. Automatische dosering	J	N	J	N	11.5
<b>12. Invriezen</b>	1. Verkorte houdbaarheid door onvoldoende invriezen	M	1. Periodiek onderhoud + instellingen controleren voor opstarten	J	J			12.1
<b>13. Verpakken</b>	1. Bijkomende contaminatie via personeel	M	1. Strikte hygiënerichtlijnen/ Handschoenen dragen	J	N	J	N	13.1
	2. Bijkomende contaminatie via vuil werkoppervlak	M	2. Duidelijke reinigings- en desinfectieprocedures	J	N	J	N	13.2
<b>14. Opslag</b>	1. Uitgroei bij verhoogde temperatuur	M	1. Beheersing van temperatuur in de diepvriesruimte	J	N	N		CP
<b>15. Transport</b>	1. Uitgroei bij verhoogde temperatuur	M	1. Beheersing van de temperatuur tijdens transport	J	N	J	N	15.1

CCP = Kritisch controlepunt.

CP = Controlepunt (minder kritisch).

Overzichtstabel — Deel 2

Criteria en toleranties, monitoring, corrigerende maatregelen

CCP	Criteria/Toleranties	Monitoring	Corrigerende maatregelen
1.1	Vissen/kweken in niet-gepollueerd water = afwezigheid van fecale besmetting = residu's van zware metalen en organochloor- verbindingen < ADI	— Registratie van het visgebied/kweekgebied — Analyses : verantwoordelijkheid van de over- heid	Partij vernietigen
1.2	Na elke vangst/oogst grondig reinigen en des- infecteren Visueel vuil : afwezig	Visuele controle	Opnieuw reinigen en desinfecteren Partij vernietigen (contaminatie met olie/petro- leum)
2.1	Overeenkomstig de opgestelde hygiënericht- lijnen	Visuele controle	Opmerking naar personeel + bijsturen
2.2	Enkel gereinigde en gedesinfecteerde bakken gebruiken Afwezigheid van visueel vuil Overeenkomstig gestelde bacteriële eisen Afwezigheid van desinfectans	Visuele controle Hygiënogram	Opmerking naar personeel Opnieuw reinigen en desinfecteren Spoelen
2.3	Onmiddellijk na ophalen van de garnalen sor- teren	Registratie van de tijd : ophalen en begin sor- teren	Opmerking naar personeel Bedecken met ijs
3.1	Afwezigheid van modderresten	Visuele controle na wassen	Opmerking naar personeel en opnieuw wassen
3.2	Geen verkleuring/ Geen neerslag Zie bacteriologische normen voor drinkwater	Registratie van de oorsprong Visuele controle Microbiologische analyses	Overschakelen op ander water Desinfecteren
3.3	Max. 10 ppm actief chloor Overeenkomstig geldende normen	Dosering controleren / Desinfectansgehalte bepalen	Dosering aanpassen

CCP	Criteria/Toleranties	Monitoring	Corrigerende maatregelen
4.1	Na wassen onmiddellijk bedekken met ijs overeenkomstig de werkinstructie (GMP) Binnen 1 u < 3 °C	Visuele controle Registratie van de tijd : begin koelen Producttemperatuur controleren na 1 u	Opnieuw met ijs bedekken (meer ijs, kleinere schilfers, kleinere hoeveelheden garnalen)
4.2	Geen verkleuring/ Geen neerslag Zie bacteriologische normen voor drinkwater	Registratie van de oorsprong Visuele controle Microbiologische analyses	Overschakelen op ander water Desinfecteren
4.3	Max. 10 ppm actief chloor Overeenkomstig geldende normen	Dosering controleren / Desinfectansgehalte bepalen	Dosering aanpassen
5.1	Temperatuur : -1 °C - 0 °C	Continue registratie van de temperatuur in het ruim/de vrachtwagen	Temperatuur bijregelen Producttemperatuur controleren
5.2	Na elke vaart/elk transport ruim/laadruimte reinigen	Visuele controle	Opmerking naar betrokkene Opnieuw reinigen
6.1	Zo snel mogelijk lossen Producttemperatuur : max. 3 °C	Registratie van de tijd + producttemperatuur bij lossen en in koelcel plaatsen	Organoleptische controle Microbiologische en chemische analyse Indien nodig : partij verwerpen
6.2	Overeenkomstig werkinstructie en hygiënerichtlijnen	Visuele controle van personeel Visuele controle van de geleverde producten	Opmerking naar personeel Partij weigeren
7.1	Geen verkleuring/ Geen neerslag Zie bacteriologische normen voor drinkwater	Registratie van de oorsprong Visuele controle Microbiologische analyses	Overschakelen op ander water Desinfecteren
7.2	Max. 10 ppm actief chloor Overeenkomstig geldende normen	Dosering controleren Desinfectansgehalte bepalen	Dosering aanpassen

CCP	Criteria/Toleranties	Monitoring	Corrigerende maatregelen
8.1	Dompelen gedurende 1 min in 1,25% Na-metabisulfit	Afgewogen hoeveelheid registreren Ingestelde dompeltijd controleren voor opstarten	Te weinig : bijsturen Te veel : partij afkeuren
9.1	Omgevingstemperatuur < 12 °C Doorlooptijd < 30 min	Continue registratie van de omgevingstemperatuur Onderbrekingen in het productieproces registreren	Temperatuur bijregelen Defect herstellen Product terug in koeling plaatsen of bedekken met ijs
9.2	Overeenkomstig de gestelde hygiënerichtlijnen	Visuele controle	Opmerking naar personeel + bijsturen
9.3	Elk uur afval verwijderen Elke 4 uur materiaal en tafels reinigen en desinfecteren — afwezigheid van visueel vuil — overeenkomstig gestelde bacteriële eisen	Visuele controle Hygiënoogram	Opmerking naar personeel Bijsturen Opnieuw reinigen en desinfecteren
10.1	Na manipulatie onmiddellijk wassen en koelen tot 5 °C	Registratie van producttemperatuur na wassen	Langer wassen/koelen
10.2	Geen verkleuring/ Geen neerslag Zie bacteriologische normen voor drinkwater	Registratie van de oorsprong Visuele controle Microbiologische analyses	Overschakelen op ander water Desinfecteren
10.3	Max. 10 ppm actief chloor Overeenkomstig geldende normen	Dosering controleren / Desinfectansgehalte bepalen	Dosering aanpassen
11.1	Omgevingstemperatuur < 12 °C	Continue registratie van de temperatuur Onderbrekingen tijdens het productieproces registreren	Temperatuur bijregelen Defect herstellen Producten terug in koeling plaatsen



CCP	Criteria/Toleranties	Monitoring	Corrigerende maatregelen
11.2	Overeenkomstig de gestelde hygiënerichtlijn	Visuele controle	Opmerking naar personeel
11.3	Enkel gereinigde, gedesinfecteerde en gespoelde bakjes gebruiken Afwezigheid van visueel vuil Overeenkomstig gestelde bacteriële eisen	Visuele controle Hygiënogram	Opmerking naar personeel Opnieuw reinigen en desinfecteren Spoelen
11.4	Geen verkleuring/ Geen neerslag Zie bacteriologische normen voor drinkwater	Registratie van de oorsprong Visuele controle Microbiologische analyses	Overschakelen op ander water Desinfecteren
11.5	Max. 10 ppm actief chloor Overeenkomstig geldende normen	Dosering controleren / Desinfectansgehalte bepalen	Dosering aanpassen
12.1	Minimum -18 °C in de kern	Instellingen controleren + temperatuurmeting	Bijsturen + opnieuw invriezen
13.1	Overeenkomstig de gestelde hygiënerichtlijnen	Visuele controle	Opmerking naar personeel + bijsturen
13.2	Tweemaal per dag werkoppervlak reinigen en desinfecteren Afwezigheid van visueel vuil, overeenkomstig gestelde bacteriële eisen	Visuele controle Hygiënogram	Opmerking naar personeel Opnieuw reinigen en desinfecteren
15.1	Minimum -18 °C	Continue registratie van de temperatuur	Defect herstellen Producttemperatuur meten Organoleptische + microbiologische /chemische analyse Indien nodig partij verwerpen

*Stap 13 : Stel een verificatieproces op*

Het HACCP-*team* stelt een verificatieproces op, zodat :

- de efficiëntie van het HACCP-plan bij de invoer kan worden aangetoond ;
- de efficiëntie van het HACCP-plan na wijziging nog kan worden bevestigd ;
- met regelmaat kan worden bevestigd dat het toezicht en de controle op de kritische controlepunten correct wordt toegepast.

Verificatieprocedure :

De verificatie van het HACCP-plan is nodig om een doeltreffende werking te garanderen en omvat voor elke productgroep :

- de *audit* van het HACCP-systeem ;
- *audits* bij leveranciers ;
- de inspectie van de werkwijzen (vaststellen van wijzigingen in stroom-schema's) ;
- het uitvoeren van microbiologische en/of chemische analyses op grondstoffen, tussenproducten en eindproducten alsmede het uitvoeren van houdbaarheidsproeven ;
- de validering van de kritische grenswaarden ;
- onderzoek van afwijkingen bij ontvangst en verwerking (wat werd er vastgesteld) ;
- onderzoek van de toegepaste bijsturing (welke producten, welke kosten) ;
- onderzoek van externe klachten ;
- ijkingen en calibraties van meetapparatuur ;
- periodiek onderhoud van toestellen.

Taken, verantwoordelijkheden, frequentie, methodes,... inzake verificatie moeten vastgelegd worden.

Het HACCP-*team* moet uit de *audit*rapporten en de resultaten van het verificatieprogramma afleiden of het toegepaste systeem al dan niet waardevol is en de maatregelen al dan niet correct worden toegepast.

*Stap 14 : Herziening van het HACCP-plan*

Het HACCP-*team* moet het HACCP-plan laten herzien in geval van wijzigingen, o.a. deze die betrekking hebben op :

- de grondstoffen of het product ;
- de productieomstandigheden (lokalen en omgeving, uitrusting, reinigings- en desinfectieplan) ;
- de omstandigheden inzake verpakking, opslag en distributie (nieuwe klanten) ;
- het waarschijnlijke gebruik door de consument ;

- elke informatie waaruit blijkt dat met betrekking tot het product een nieuw risico is ontstaan (informatie via federatie, kranten, ...);
- wanneer uit de verificatie gebleken is dat het HACCP-plan niet voldoet.

Herzieningen kunnen aanleiding geven tot een wijziging van de maatregelen.

#### BIBLIOGRAFIE

- CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION 1993. Guidelines for the application of the Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP) system. CAC/GL 18-1993, Supplement one to volume one, General requirements, Second edition, Section 7.5, pp. 95-103.
- FOOD LINKED AGRO INDUSTRIAL RESEARCH (FLAIR). 1994. HACCP handleiding. Geconcerteerde actie, nr. 7.
- INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOR FOODS (ICMSF) 1988. — *In* : Microorganisms in Foods, 4. Application of the Hazard Analysis of Critical Control Point (HACCP) system to ensure microbiological safety and quality. Blackwell Scientific Publications, London.
- LEAPER, S. 1992. Campden Food and Drink Research Association. HACCP : A practical guide, Technical Manual, No. 38.
- MORTIMER, S. & WALLACE, C. 1994. *In* : HACCP : A practical approach, Chapman & Hall, London.
- THE NATIONAL ADVISORY COMMITTEE ON MICROBIOLOGICAL CRITERIA FOR FOODS (NACMCF) 1992. Hazard Analysis and Critical Control Point system. — *Int. J. Food Microbiol.*, 16 : 1-23.

#### BESPREKING

**M. De Boedt.** — In ontwikkelingslanden stelt men vaak vast dat men er bij het oogsten van kreeften en/of garnalen vaak de voorkeur aan geeft tijd te winnen ten nadele van het spoelen van de aquacultuurproducten om zo vlug mogelijk tot koeling (ijsbakken) over te gaan. Wat verdient de voorkeur : netjes en zuiver werken met meer tijd te nemen of zo vlug mogelijk koelen tot  $\pm 3^{\circ}\text{C}$  en dit zowel voor nog levende als voor dode aquacultuurproducten ?

**J. Debevere.** — De voorkeur mag gegeven worden aan snel koelen omdat dit de uitgroei van de nog aanwezige micro-organismen sterk remt en dit op voorwaarde dat bij aankomst in het bedrijf de kreeften en/of garnalen worden gespoeld om bederf en risico's voor microbiële voedselvergiftigingen gedurende de verdere verwerking tegen te gaan.

## Séance du 15 décembre 1995

(Extrait du procès-verbal)

En l'absence du Directeur, M. R. Paepe, la séance est ouverte à 14 h 30 par M. W. Loy, doyen d'âge des membres titulaires présents, et présidée ensuite par M. H. Deelstra, assisté de Mme Y. Verhasselt, Secrétaire perpétuelle.

*Sont en outre présents* : MM. Jacques Charlier, Jean Charlier, J. De Cuyper, J. Delrue, A. Deruyttere, P. Fierens, Mgr L. Gillon, MM. G. Heylbroeck, A. Lederer, R. Sokal, R. Thonnard, R. Tillé, membres titulaires ; MM. D. Demaiffe, H. Paelinck, F. Thirion, U. Van Twembeke, membres associés.

*Ont fait part de leur regret de ne pouvoir assister à la séance* : MM. E. Aernoudt, P. Beckers, E. Cuypers, J. Debevere, P. De Meester, C. De Meyer, G. Froment, P. Goossens, A. Jaumotte, R. Leenaerts, A. Lejeune, J. Marchal, J. Michot, R. Paepe, J.-J. Peters, J. Roos, A. Sterling, F. Suykens, M. J.-J. Symoens, Secrétaire perpétuel honoraire.

Le Directeur accueille M. D. Demaiffe, membre associé, qui assiste pour la première fois à nos séances.

### **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 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et des sous-produits**

M. F. Thirion présente une communication intitulée comme ci-dessus.

Mgr L. Gillon, MM. H. Deelstra, R. Sokal et J. De Cuyper interviennent dans la discussion.

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

### **Les énergies renouvelables pour un développement durable des pays d'Afrique**

M. T. Achour a présenté une communication intitulée comme ci-dessus lors de la séance du 28 avril 1995.

Après avoir entendu les rapports de Mgr L. Gillon et M. R. Sokal, la Classe décide la publication de cette étude dans le *Bulletin des Séances*, moyennant l'application des remarques formulées par les rapporteurs.

Mgr L. Gillon et M. R. Sokal proposent de regrouper leurs remarques en un texte commun qui sera transmis à l'auteur.

## Zitting van 15 december 1995

(Uittreksel van de notulen)

In afwezigheid van de Directeur, M. R. Paepe, wordt de zitting om 14 u. 30 geopend door M. W. Loy, deken van jaren van de aanwezige werkende leden, en vervolgens voorgezeten door M. H. Deelstra, bijgestaan door Mevr. Y. Verhasselt, Vast Secretaris.

*Zijn bovendien aanwezig*: de HH. Jacques Charlier, Jean Charlier, J. De Cuyper, J. Delrue, A. Deruyttere, P. Fierens, Mgr. L. Gillon, de HH. G. Heylbroeck, A. Lederer, R. Sokal, R. Thonnard, R. Tillé, werkende leden; de HH. D. Demaiffe, H. Paelinck, F. Thirion, U. Van Twembeke, geassocieerde leden.

*Betuïgden hun spijt niet aan de zitting te kunnen deelnemen*: de HH. E. Aernoudt, P. Beckers, E. Cuypers, J. Debevere, P. De Meester, C. De Meyer, G. Froment, P. Goossens, A. Jaumotte, R. Leenaerts, A. Lejeune, J. Marchal, J. Michot, R. Paepe, J.-J. Peters, J. Roos, A. Sterling, F. Suykens, M. J.-J. Symoens, Erevast Secretaris.

De Directeur verwelkomt M. D. Demaiffe, geassocieerd lid, die voor het eerst een zitting bijwoont.

### **„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 P205 et des sous-produits”**

M. F. Thirion stelt een mededeling voor getiteld als hierboven.

Mgr. L. Gillon, de HH. H. Deelstra, R. Sokal en J. De Cuyper nemen aan de bespreking deel.

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

### **„Les énergies renouvelables pour un développement durable des pays d'Afrique”**

Tijdens de zitting van 28 april 1995 stelde M. T. Achour een mededeling voor getiteld als hierboven.

Na de verslagen van Mgr. L. Gillon en M. R. Sokal te hebben gehoord, beslist de Klasse deze studie in de *Mededelingen der Zittingen* te publiceren, na aanpassing volgens de door de verslaggevers geformuleerde opmerkingen.

Mgr. L. Gillon en M. R. Sokal stellen voor hun opmerkingen in een gemeenschappelijke tekst bijeen te brengen die naar de auteur doorgestuurd zal worden.

**Comité secret**

Les membres titulaires et titulaires honoraires réunis en Comité secret désignent M. W. Loy en qualité de Vice-Directeur 1996.

M. W. Loy sera Directeur de la Classe et Président de l'Académie en 1997.

La séance est levée à 17 h 10.

**Besloten Vergadering**

De werkende en erewerkende leden, in Besloten Vergadering bijeen, duiden M. W. Loy als Vice-Directeur voor 1996 aan.

M. W. Loy zal in 1997 Directeur van de Klasse en Voorzitter van de Academie zijn.

De zitting wordt om 17 u. 10 geheven.

TABLE DES MATIERES — INHOUDSTAFEL

Séance plénière du 18 octobre 1995  
Openbare zitting van 18 oktober 1995

Procès-verbal de la séance/Notulen van de zitting .....	506 ; 507
Liste de présence des membres de l'Académie/Aanwezigheidslijst van de leden van de Academie .....	508 ; 509
F. DE HEN. — Allocution d'ouverture/ Openingsrede .....	511
I. BEGHIN. — De la nécessaire globalité .....	515
R. PAEPE. — Hoeveel klimaatveranderingen trotseerde de Mensheid ? .....	527
Y. VERHASSELT. — Rapport sur les activités de l'Académie (1994-1995)/ Verslag over de werkzaamheden van de Academie (1994-1995) .....	549

Classe des Sciences morales et politiques  
Klasse voor Morele en Politieke Wetenschappen

Séance du 21 novembre 1995/ Zitting van 21 november 1995 .....	562 ; 563
Séance du 12 décembre 1995/ Zitting van 12 december 1995 .....	568 ; 569
I. VERSTRAETE. — De traditionele Fluit (Qena) bij de Aymara van Walata Grande (Provincie Omasuyos - Departement La Paz - Bolivia) .....	573

Classe des Sciences naturelles et médicales  
Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen

Séance du 28 novembre 1995/ Zitting van 28 november 1995 .....	594 ; 595
J. BOUHARMONT. — Evolution des plantes aux îles Galapagos .....	601
E. VAN RANST. — Application of Computer-based Technology in Assessing Production Potentials for Annual Crops in Developing Countries .....	613
Séance du 19 décembre 1995/ Zitting van 19 december 1995 .....	638 ; 639

Classe des Sciences techniques  
Klasse voor Technische Wetenschappen

Séance du 24 novembre 1995/ Zitting van 24 november 1995 .....	644 ; 645
J. DEBEVERE. — De toepassing van het HACCP-concept in de levensmiddelen-industrie in de ontwikkelingslanden .....	651
Séance du 15 décembre 1995/ Zitting van 15 december 1995 .....	674 ; 675



## CONTENTS

### Plenary Meeting held on 18 October 1995

Minutes of the Plenary Meeting .....	506
Presence list of the Members of the Academy .....	508
F. DE HEN. — Opening Speech .....	511
I. BEGHIN. — About the Necessary Comprehensiveness .....	515
R. PAEPE. — How Many Climate Changes Did Mankind Face? .....	527
Y. VERHASSELT. — Report on the Activities of the Academy (1994-1995) .....	549

### Section of Moral and Political Sciences

Meeting held on 21 November 1995 .....	562
Meeting held on 12 December 1995 .....	568
I. VERSTRAETE. — The Traditional Flute (Qena) of the Aymara of Walata Grande (Province of Omasuyos - Department La Paz - Bolivia) .....	573

### Section of Natural and Medical Sciences

Meeting held on 28 November 1995 .....	594
J. BOUHARMONT. — Evolution of Plants in Galapagos Islands .....	601
E. VAN RANST. — Application of Computer-based Technology in Assessing Production Potentials for Annual Crops in Developing Countries .....	613
Meeting held on 19 December 1995 .....	638

### Section of Technical Sciences

Meeting held on 24 November 1995 .....	644
J. DEBEVERE. — The Application of the HACCP-system in the Food Industry of Third World Countries .....	651
Meeting held on 15 December 1995 .....	674