



**MEDEDELINGEN DER ZITTINGEN  
BULLETIN DES SEANCES**

**54 (2)**

**KONINKLIJKE ACADEMIE  
VOOR OVERZEESE WETENSCHAPPEN**

Onder de Hoge Bescherming van de Koning

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

Sous la Haute Protection du Roi

BERICHT AAN DE AUTEURS

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

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

AVIS AUX AUTEURS

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

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

© Royal Academy for Overseas Sciences. All rights reserved.

Abonnement 2008 (4 nummers — 4 numéros): 70,00 €

Defacqzstraat 1 bus 3  
B-1000 Brussel (België)

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



**MEDEDELINGEN DER ZITTINGEN  
BULLETIN DES SEANCES**

**54 (2)**

**KONINKLIJKE ACADEMIE  
VOOR OVERZEESE WETENSCHAPPEN**

Onder de Hoge Bescherming van de Koning

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

Sous la Haute Protection du Roi

AGENDA 2009

MAAND	KLASSEN (1)			COMMISSIES (2)	
	Morele en Polit. Wetensch. (3de dinsd.)	Natuur- en Geneesk. Wetensch. (4de dinsd.)	Technische Wetensch. (laatste donderdag)	Bureau	Bestuurs-comm.
Januari	20	27	29	—	—
Februari	<b>10</b>	<b>17</b>	<b>19</b>	—	—
	Bepalen onderwerp Wedstrijd 2011				
Maart	17	24	26	4	25
	Tekst vragen Wedstrijd 2011 Aanduiden verslaggevers Wedstrijd 2009 Voorstellen kandid. openstaande plaatsen Bespreken vice-directeurs 2010				
April	21	28	30	—	—
	Verkiezingen Aanduiden vice-directeurs 2010				
Mei	19	26	28	—	—
	Toekennen prijzen Wedstrijd 2009				
Juni	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	—	—
Juli	—	—	—	—	—
Augustus	—	—	—	—	—
September	—	—	—	2	23
Oktober	<b>Plenaire zitting: 8</b>				
November	17	24	26	—	—
December	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	—	—

(1) De Klassen houden hun vergaderingen om 14 u. 30 in het Paleis der Academiën, Hertogsstraat 1, 1000 Brussel: plenaire zitting, Baron Lacquetauditorium; maandelijkse zittingen, eerste verdieping.

(2) De Commissies vergaderen om 14 u. 30 op het secretariaat, Defacqzstraat 1, 1000 Brussel.

*Cursief:* Besloten Vergadering.

**In vet:** niet-traditionele data.

MOIS	CLASSES (1)			COMMISSIONS (2)	
	Sc. mor. et pol. (3 <sup>e</sup> mardi)	Sc. natur. et médic. (4 <sup>e</sup> mardi)	Sciences techniques (dernier jeudi)	Bureau	Comm. adm.
Janvier	20	27	29	—	—
Février	<b>10</b>	<b>17</b>	<b>19</b>	—	—
	Détermination matière Concours 2011				
Mars	17	24	26	4	25
	Texte questions Concours 2011 Désignation rapporteurs Concours 2009 Présentation candidats places vacantes Discussion vice-directeurs 2010				
Avril	21	28	30	—	—
	Elections Désignation vice-directeurs 2010				
Mai	19	26	28	—	—
	Attribution prix Concours 2009				
Juin	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	—	—
Juillet	—	—	—	—	—
Août	—	—	—	—	—
Septembre	—	—	—	2	23
Octobre	<b>Séance plénière: 8</b>				
Novembre	17	24	26	—	—
Décembre	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	—	—

(1) Les Classes tiennent leurs séances à 14 h 30 au Palais des Académies, rue Ducale 1, 1000 Bruxelles: séance plénière, auditorium Baron Lacquet; séances mensuelles, premier étage.

(2) Les Commissions se réunissent à 14 h 30 au secrétariat, rue Defacqz 1, 1000 Bruxelles.

*En italique:* Comité secret.

**En gras:** dates non traditionnelles.

**WETENSCHAPPELIJKE MEDEDELINGEN**

---

**COMMUNICATIONS SCIENTIFIQUES**

**Klasse voor Morele en Politieke Wetenschappen**

---

**Classe des Sciences morales et politiques**

## China's economische reuzensprong\*

door

LOUIS BAECK\*\*

TREFWOORDEN. — Inhaalstrategie; Diaspora-Chinezen; Clusters; Dissidente literatuur; Financiële reserves als geopolitieke hefboom.

SAMENVATTING. — China is autoritair staatskapitalisme, met open grenzen voor investeringen gericht op exportindustrie. Nu Oost-Aziatische draaischijf: integratie industrieel weefsel. China: unieke omschakeling van ideologische partijstaat naar „economisme”. Aziatische inhaalstrategie als hefboom met ontwikkelingsstaat als institutioneel scharnier gericht op geopolitieke invloedverwerving en herstel waardegevoel. De invloed van de diaspora-Chinezen, de rol van de „clusters” als netwerk en de lift op de technologieladder: de doorbraak van „high tech” segmenten. Negatieve aspecten. Neomercantilistische oorlogsbuit van formaat. Intellectuele uitdaging: *remapping knowledge* over mondialisering meer ideologisch onbevangen en cultureel open kijk en afbouw intellectueel narcisme van Westen via dialoog.

MOTS-CLES. — Stratégie de reconquête; Diaspora chinoise; *Clusters*; Littérature dissidente; Réserves financières comme levier géopolitique.

RESUME. — *Economie chinoise: un parcours extraordinaire.* — La Chine est caractérisée par un capitalisme d'Etat autoritaire, avec des frontières ouvertes aux investissements axés sur l'industrie d'exportation. Actuellement plaque tournante de l'Est asiatique, le pays a vu l'intégration de son tissu industriel. La Chine: modèle unique de reconversion d'un Etat de parti idéologique vers l'«économisme». Mise en place d'une stratégie asiatique de reconquête comme levier de développement faisant office de charnière institutionnelle qui vise à l'exercice d'une influence géopolitique et au rétablissement d'un sentiment de valeur. Le rôle de la diaspora chinoise et du réseau des «clusters», ainsi que l'escalade sur le plan technologique, donnent lieu à une percée vers les gammes «high tech». Aspects négatifs. Butin néomercantiliste d'envergure. Défi intellectuel: *remapping knowledge* de la mondialisation dans une perspective plus idéologique et une optique culturelle plus ouverte et abolition du narcissisme intellectuel avec l'Occident par la voie du dialogue.

---

\* Mededeling voorgesteld tijdens de zitting van de Klasse voor Morele en Politieke Wetenschappen gehouden op 11 december 2007. Tekst ontvangen op 17 januari 2008. Een volledig tekst, met bibliografie, is „online” beschikbaar op Huispagina Louis Baeck.

\*\* Lid van de Academie.

### De verovering van de westerse markten

De economische opmars van de twee Aziatische reuzen (China 1 308 miljoen inwoners; India 1 007 miljoen inwoners) is één van de meest ingrijpende verschuivingen in ons wereldbestel. Ons essay tekent China als een op export gerichte, industriële draaischijf van Oost-Azië. De laaggeprijsde goederen boeken op de markten van het Westen een enorm succes. En tijdens de „Ministeriële China-EU25-Conferentie” van 12 juni 2007 werd overleg gepleegd over het grote onevenwicht tussen import en export. In 2006 bedroeg het EU25 handelsdeficit 128 miljard euro en dat stijgt volgens raming naar 170 miljard euro in 2007. Met de Verenigde Staten scoorde China in 2006 een handelssurplus van 240 miljard dollar. En dat klimt wellicht naar 300 miljard eind van dit jaar. Zodoende stapelde de Chinese Centrale Bank in enkele jaren een kolossale financiële reserve op van 1 100 miljard dollar. Dit is een afscherming tegen eventuele crisis en vooral een geopolitieke hefboom. Tegenover deze positieve superlatieven staan een reeks negatieve uitschieters zoals de toenemende afbraak van het leefmilieu en de officiële onverschilligheid voor de sociale verkommering van de minstbedeelden. Ook de verspilling van energie is buitensporig. Maar geen enkel ander land haalt elk jaar tientallen miljoenen uit de armoede. Deze voorheen nooit geziene omschakeling van communistische partijbonzen naar op groei gerichte initiatiefnemers is voor velen in het Westen onverkwikkelijk. Op kleinere schaal wordt hetzelfde patroon gevolgd in Vietnam (83 miljoen inwoners), dat het voortouw neemt in de Mekongdelta, met Cambodja en Laos in het kielzog.

In de tweede helft van de jaren 1980 had de gevorderde industrie van vooroplopende groeilanden als Japan, Zuid-Korea, Taiwan en Hongkong te kampen met loonstijging. Hun multinationals en KMO's namen de gelegenheid te baat om hun arbeidsintensieve assemblagenijverheid met lage meerwaarde over te plaatsen naar de net geopende kuststrook van China. De bedrijven van diaspora-Chinezen uit Taiwan en Hongkong en uit andere nabuurlanden waren koploper met 60 % van de in China instromende investeringen. Zij brachten niet alleen kapitaal maar ook modernere managementtechnieken en technologie. Hun strategie bestond erin half afgewerkte producten (onderdelen) uit het thuisland aan te voeren om deze in lagelonenland China te assembleren, met lokale producten en medewerking van lokale toeleveringsbedrijven, met de bedoeling vanuit China aan export te doen. Ongeveer 270 miljoen boeren uit het binnenland verlieten hun rijstvelden voor de grote trek naar de fabrieken.

De industrietransfer naar China resulteerde in een opmerkelijke handelsverlegging. Een hoog percentage van China's export (in 2006 ongeveer 59 %) is in feite afwerkende productie van Oost-Aziatische bedrijven die, via de omweg van lagelonenland China, wordt geëxporteerd naar de westerse markten. In de provincie Guangdong zijn 11 miljoen arbeiders werkzaam in bedrijven opgezet met investeringen uit Hongkong. China is dus industriële draaischijf van assemblage



in een driehoeksverhouding. Het importeert half afgewerkte producten uit Oost-Azië en heeft met deze zone een groot handelsdeficit, maar exporteert ruim de helft van de hieruit resulterende afgewerkte producten naar het Westen. Een groot deel van China's surplus met de VS en EU25 is dus export van getransfereerde industrie uit Hongkong, Taiwan, Japan, Zuid-Korea. Tijdens het jongste decennium steeg de westerse invoer uit Oost-Azië met amper 10 %, terwijl deze via de assemblage uit China enorm is gestegen.

Belangrijk om weten is dat de reuzensprong van draaischijf China de integratie van de industriële weefsels sterk bevorderde. De interregionale handel van Oost-Azië betekent 54 % van het geheel. De economie van Oost-Azië mondialiseert en, wegens haar toenemende integratie van productie en markten, „aziatischeert” ze haar synergie.

Een andere karakteristiek van China's groeipad is de intense interactie tussen de inkomende buitenlandse firma's en de clusters van lokale bedrijfjes en KMO's die functioneren als toeleveringsbedrijf. Een *cluster* is een samenklontering van dertig tot veertig bedrijfjes die gespecialiseerd zijn in een onderdeel van toelevering en functioneren volgens de Chinese code van netwerking. Buitenlandse ondernemingen kunnen niet functioneren tenzij ze in synergie werken met één of meer van de ongeveer 110 000 clusters. Een stijgend aantal clusters, en uiteraard ook de grote bedrijven van China, klimmen op de technologieladder onder impuls van ingenieurs en wetenschappers die optreden als durfondernemer. China heeft 600 000 ingenieurs en wetenschappers in universitaire opleiding!

Locomotief China laat de productiefase van eenvoudige technologie (computers, handtelefoons, kleuren-tv's, enz.) achter zich en klimt driftig op de ladder van technologie via eigen *research and development* (R&D) en deze aangebracht door buitenlandse bedrijven in de zeventhonderd recent opgestarte industrieparken van *high tech*. De volgende golf van *exportupgrading* is de autoproductie. Nu functioneren tweehonderd twintig assemblagefabrieken met tweeduizend driehonderd zestig clusters voor toelevering. Voor onze assemblage wordt het *fasten seatbelts*. De reuzensprong positioneert het niveau van competitieve technologie en exportcapaciteit, waaronder onze industrielanden met verlies zullen werken, op een steeds hoger peil. China legt de lat almaar hoger. Deze uitdaging is cruciaal en dwingt ons tot betere prestatie.

### Karakteristiek van China's groeipatroon

Uit de statistieken komt China naar voor als koploper in exportgroei zowel naar G3 als naar deze van de Aziatische groeilanden. Opmerkelijk is dat deze laatste naar China een veel hogere exportgroei scoren dan naar de rest van de wereld. De Grote Draak importeert dus gretig, via de multinationals vanuit deze zone, die in China hun verwerkende nijverheidsactiviteit hebben overgeplant en langs deze omweg hun in China „afgewerkte” producten naar de G3 doorsluizen.

Een groot deel is dus niet enkel interfiliale maar ook intra-industriële handel. Tegenover de G3 markten greep een merkelijke handelsverlegging plaats die resulteert uit deze productieverhuizing. Een deel van de vroegere export van de NIL4 en ASEAN4 naar de G3 markt doet nu het verwerkend „ommetje” langs China. Dus, een deel van de Chinese export is „gedelegeerde” export of uitvoer van overgeplante verwerkende nijverheid van multinationals uit de NIL4 en ASEAN4. Deze handelsverlegging, die resulteert uit de vliegformatie van de wilde ganzen, wordt vaak uit het oog verloren bij de handelspolitieke strijdfragen van Chinese export naar de G3 markten. De reuzensprong van China verwekt dus ook schokken in de Aziatische nabuurlanden die door transplant van productie ook handelsverlegging meemaken. Zij worden hierdoor genoopt permanent aan industriële *upgrading* te doen om de leemte op te vullen met hoogwaardiger productie.

De volgende markante gegevens met betrekking tot de handelsbalans situeren China duidelijk in driehoeksverhouding:

- a) Van 1980 tot 2005 is het procentuele aandeel van de landen waaruit China invoert verschoven ten gunste van de Aziatische nabuurlanden. De Chinese invoer uit Azië evolueerde van 8,7 % in 1980 naar 37,9 %. Voor Korea betekende dit van 1 % naar 10,4 %, voor ASEAN4 van 2,4 % naar 8,4 %. De G3 zag zijn relatief aandeel dalen: de EU van 17,2 naar 13,2 %, de VS van 19,6 % naar 8,2 % en Japan van 26,5 naar 18,1.
- b) In 2005 bedroeg het aandeel van de import van halfafgewerkte producten en componenten 42 % van de totale invoerwaarde van de Grote Draak. Het pakket afkomstig uit Azië scoorde 71 % van het totaal, met 33,3 % uit Korea en Taiwan, 14,6 % uit Japan, 14,2 % uit ASEAN4 en slechts 4,9 % uit de VS en 5,2 uit de EU. De Aziatische complementariteit tussen de uitvoerlanden van componenten en de invoerders is sterk toegenomen sinds 2000.
- c) Tegenover de groeilanden van Oost-Azië registreerde de Chinese handelsbalans een deficit van 145 miljard dollar in 2005, maar scoorde een surplus van 200 miljard dollar tegenover de VS en van 106 miljard euro tegenover de EU.

De integratietoename in het Verre Oosten, vooral de industriële vervlechting, is één van de meest markerende resultaten van de „vliegende ganzen”. Deze is het feitelijke gevolg van de hiërarchische ordening op Aziatisch patroon van de intra-industriële productieketens. Deze interne dynamiek verschilt van het integratiemodel van de EU. Daar wordt de integratie onder meer ook gestuwd vanuit de supranationale en intergouvernementele bovenbouw. Daar functioneert ook beleidsnormering van boven naar beneden, door de Raden van Ministers en de Commissie. De Aziatische dynamiek is overwegend industrieel gestuwd door vervlechting van TNO's. De cijfers in tabel 1 tonen de integratiedynamiek per grote zone van de wereld. De cijfergegevens voor het Verre Oosten tonen duidelijk dat de integratiebeweging intens was tijdens de periode 1980-1995. Hierin had de opening van China plaats en de Aziatische crisis van 1997-1998 had nog

niet remmend gewerkt. Oost-Azië, zonder Japan, haalt bijna de score van NAFTA; met Japan erbij is het zelfs 8 % meer.

**Tabel 1**  
Aandeel van de interregionale handel (%)

Zone	1980	1995	2005
Oost-Azië en Japan	34,7	55,5	54,1
Oost-Azië (min Japan)	21,6	43,7	44,1
NIL4	7,7	18,1	16,1
ASEAN10	18,1	14,3	24,1
NAFTA	33,8	43,2	46,1
EU15	52,4	56,8	64,2

Bron: Databank IMF.

Alhoewel wereldwijde en krachtige impulsen aansturen op de mondialisering van de economie zijn ook andere krachten werkzaam die de netwerking tussen bepaalde zones van de wereldeconomie bevorderen. In Oost-Azië meer dan in Latijns-Amerika is een aantal groeilanden bij middel van TNO-isering tot toenemende integratie gekomen dankzij een vervlechtende inhaalstrategie. Het is een vervlechting op basis van IDI-stromen, dus geïmpulseerd door directe buitenlandse investeringen. Bij de NIL4 en ASEAN namen Japanse TNO's, hierin begeleid door hun KMO, het voortouw van de vervlechting. En nu nog is de technologische hiërarchie zichtbaar en bestaat de export van Japan naar de Oost-Aziatische groeilanden voor 46,7 % uit goederen van hoge-technologiegamma en voor 30,1 % van medium gamma. De export van de NIL4 evenaart bijna de Japanse configuratie met 45,8 % hoge gamma en 20,7 % medium gamma naar de zone. De ASEAN4 doen het op een ietwat lager trapje met 38,5 % hoge gamma en 22,9 % medium gamma naar de zone. De daaropvolgende opstarter van inhaalstrategie met TNO-vervlechting, namelijk China, exporteert naar de zone 32,3 % hoge gamma goederen en 19,9 % medium gamma. De groeiganzen vliegen dus samen, en met klapwiekende inhaaldynamiek, naar steeds hogere trappen van technologie en meerwaarde. Wegens de interfiliale en intra-industriële vervlechting groeien industriële capaciteiten naar elkander toe. De oprispingen van de Japanse bezetting en andere geschillen maken dat de perspectieven van „institutionele of *de jure*” formules van Gemeenschappelijke Markt zoals de Europese formule voorsnog meer op retoriek dan op werkelijkheid berusten. Maar er groeit iets „*de facto*”. Industrieel Oost-Azië „aziatiseert”. En er circuleren ook gedachtenspinsels over een Oost-Aziatische Monetaire Unie.

#### GROEIPOLEN EN CLUSTERS

- De noordelijke pool rond Beijing en de Bohaibaai, die met de provincie Hubei en satellietsteden (zoals Tianjin) een agglomeratie vormt van 80 000 km<sup>2</sup> en 46 miljoen inwoners telt. Ten zuiden hiervan ligt de provincie Shandong die in volle expansie nu 12,3 % van de nationale industrie herbergt.

- Het enorme complex gevormd rond de delta van de Yangtze-stroom (*Changjiang* of „lange stroom”) met de megapolis Shanghai als kern. Samen met de satellietsteden een agglomeratief complex van 105 000 km<sup>2</sup> en 73 miljoen inwoners. Sinds 2000 is de provincie Jiangsu groeizone met 12 % van de nationale industrie en 16,2 % van de Chinese export. De stad Shanghai produceert 4,3 % van het BNP en 9,4 % van de nationale export. Haar selecte buitensteden, zoals Pudong, pralen met de luxe van postmoderne architectuur. De megapolis is hoofdkwartier voor vele buitenlandse firma's en tevens het belangrijkste financiële centrum van het land, met een kapitaalmarkt waarvan de beursindex sinds halfweg 2005 driftig opspiraalde.
- De zuidkust gevormd rond de delta van de Parelvier in de provincie Guangdong die verder uitloopt naar Fujian. De delta was koploper van de vernieuwing en is nu nog de meest uitgestrekte ontwikkelingspool van China. Haar twee grote steden, Guangzhou en Shenzhen, met ieder ruim 10 miljoen inwoners, vormen de kern. Deze twee stedelijke kernen ontplooiën intense netwerking gericht op Hongkong. Het blijft de provincie met de hoogste cijfers: 12,2 % van het BNP, 14,4 % van de industriële productie en 31,6 % van de nationale export. De export resulterend uit de verwerking van ingevoerde onderdelen voor assemblage haalt 68 % tegenover het nationale gemiddelde van 58 %. De daar gevestigde filialen van Hongkong tellen alleen reeds 11 miljoen werknemers. Een groot deel van de IDI zijn „*greenfield*” investeringen. Hun arbeidsintensieve aanpak is een krachtige lift voor tewerkstelling.

De geografische herschikking van de IDI sinds de beginfase wijst op een trend naar spreiding over de ganse kustzone. De oorspronkelijke concentratie op Guangdong was in 2003 uitgebreid tot de expanderende provincies Jiangsu, Shandong, Zhejiang en de municipaliteit Shanghai. Recentere cijfers van 2005 leren ons dat deze kustprovincies en de Bohaibaai het leeuwenaandeel, of 78 %, van de totale IDI-instromen opslorpen en 80 % van de export realiseren. De concentratie is sinds de jaren 1980 thema van debat en verdient onze aandacht.

Het feit dat de IDI van de aanvangsfase 1985-1995 voor 85 % afkomstig waren uit de Chinese diaspora is, samen met de actieve vestigingspolitiek, een zeer belangrijke factor van concentratie. De inhaalstrategen van Hongkong, Taiwan en Macao hadden in hun thuismarkt sinds het begin van de jaren 1980 te kampen met stijgende lonen. En hun durfondernemers waren erop gebrand om hun meest arbeidsintensieve segmenten over te hevelen naar de nabije kuststrook van China, vanwaar velen onder hen afkomstig waren. Een groot deel van deze diasporabedrijven zijn nog KMO's die met lokale partners verschillende vormen van alliantie en samenwerking aangaan. De etnische en linguïstische factor, als ook de gemeenschappelijke cultuur van traditionele relaties (*guanxi*), zijn pluspunten bij deze inter-Chinese netwerking. De statistieken leren ons dat in de diaspora alles samen 55 miljoen Chinezen werkzaam zijn. In eerste orde in Hongkong (7 miljoen), Taiwan (24 miljoen) en Macao (800 000), maar ook in de nabuurlanden waar ongeveer 9 miljoen uitgeweken Chinezen leven in Indonesië;

7 miljoen in Thailand; 5.5 miljoen in Maleisië; 2 miljoen in Singapore; 1.5 miljoen in Myanmar; 1 miljoen in Vietnam en 0,8 miljoen in de Filippijnen. Volgens schatting is de globale, jaarlijkse productie van deze diaspora (samen met de Chinezen die in de EU en in de VS wonen) gelijk aan 1,5 triljoen dollar. Dit is iets meer dan viermaal het Belgische BNP. De voorkeur voor het moederland van de vermogende Chinezen uit de diaspora is dus een steunfactor voor de geografische concentratie van de exportindustrie. De economische thematisering over ontwikkelingspolen alsook de nieuwe vestigingsstrategie van multinationals wijzen in dezelfde richting, namelijk minimalisering van de transactiekosten gekoppeld aan voordelen van schaal.

In een recente studie over de eigengereide en dus originele inhaalstrategie van China benadrukt Liu Xielin (economist op de Plandiendiensten, Beijing) het feit dat de opening naar de wereldeconomie plaatsgreep op het moment dat de technologie van communicatie en IT wereldwijd tot bloei kwamen. Met het gevolg dat vele multinationale bedrijven hun productieketen in steeds meer internationaal gespreide „modules” fragmenteerden, met vestiging van deze deelsegmenten volgens het beginsel van optimale meerwaarde. Deze strategie verschafte China, als grootste onontgonnen terrein van globalisering, een potentiële niche voor een eigen weg. Deze bestond erin een arbeidsintensieve schakel te worden in de internationale „*ver-takking*” van TNO’s en KMO’s, met eigen accenten van beleid en institutionele hefboomen bij de netwerking voor assemblage. Hierin zou het inheemse stramien van clustervorming het scharnier vormen. Dit stramien verschilt van het Japanse model en ook van het NIL4-patroon die hieraan voorafgingen. In de door IDI geïmpulseerde en zeer gefragmenteerde productieketen is de agglomeratieve tendens op basis van geografisch geconcentreerde clusters (**jiquan**), zowel economisch als vanuit het infrastructurele standpunt, een *win-win* context. Japan had zich destijds (en nu nog) gesloten opgesteld voor instroom van buitenlandse investeringen. Het land van de samoerai kocht dus de licenties voor nieuwe producten. Hun management bestond erin de inheemse productieprocedures te verbeteren en de productiviteit op te drijven met de gekende „Japanse” patronen. In China verloopt het anders. De multinationals reiken de nieuwe producten aan en de lokale opgave bestaat erin het productieproces aan te leren en de productiviteit te verhogen op basis van de instructies gegeven door de IDI-aanbrengers. In de beginfase luidt de Chinese formule „**sanlai iyubu**” wat wil zeggen: drie inputs van buiten (nieuw product, kapitaal en instructies voor vervaardiging) met één aanbreng van onszelf, namelijk de arbeidsintensieve assemblage. In de „open formule van China” kwamen de instromende buitenlandse bedrijven van de eerste fase met hun producten uit nabuurlanden, en daarna ook uit Europa en de VS. Zij hadden ieder hun eigen aanpak van productontwerp, management, van organisatie, van bedrijfscultuur en dus ook van technologietransfer en van assemblagestrategie. De opvang van deze verscheidenheid door het Chinese netwerkkapitalisme, geactiveerd door de inheemse clusters, is zeer vruchtbaar gebleken.

### De mozaïek van het intellectuele debat

Het is normaal dat omwentelingen van de omvang en intensiteit zoals deze in China aanleiding geven tot intense thematisering vanwege intellectuelen en culturele voorhoede, die het tegen elkaar opnemen vanuit verschillende ideologische invalshoeken. Bij ons in het Westen hebben de modernisering en de globalisering, alsook de postmodernistische reactie hierop, een vloed van publicaties verwekt. Bij de laatkomers van Oost-Azië is de overschakeling van traditioneel naar modern en dan naar postmodern, samen met de schok van lokaal naar mondiaal, nog brutaler dan bij ons. Vooral in China is de schok scherp. In enkele jaren tijd is daar ook de ideologie van het regime veranderd: van kleur en van richtsnoer. In het bestek van dit essay profileren we enkel de markante figuren en hun positionering. De lezer kan dit overzicht verder uitspitten, met publicaties vermeld in de bibliografie. Zonder kennisname van de oppositie tussen hervormers van links en rechts, tussen politieke en culturele nationalisten en tussen de voorstanders van internationalisering en anti-westerse ideologen, is het moeilijk om het gebeuren in het land van de Grote Draak correct in te schatten. Sinds kort is het essentiële van de geproduceerde literatuur beschikbaar in Engelstalige en/of Franstalige versie.

De meerderheid van bevolking en opiniemakers, voornamelijk de technisch en economisch geschoolde kaders, voelen zich behaaglijk in de door de partij uitgestippelde beleidslijn van prioriteit voor het economische project zonder politieke democratisering. Maar een kleine en dissidente groep van politiek geprofileerde en cultureel bewuste intellectuelen formuleert scherpe kritiek. Deze dissidente stemmen laten zich horen in het universitaire milieu en in de culturele en literaire kringen, maar zij blijven vooralsnog zonder politieke achterban. Zij onthullen vaak onomwonden de door de overheid weggemoffelde problematiek. Voor ons in het Westen verschaft deze dissidente literatuur „inzicht” in de alternatieve gedachtenspingsels die onhoorbaar circuleren in de dieptelagen van de maatschappij. Voor het regime is de dissidente literatuur een klankbord en barometer van „het ongezegde” door de zwijgende massa.

#### HET OFFENSIEF VAN NIEUW LINKS

De aanzet tot linkse kritiek op de inhaalstrategie kwam van jonge Chinezen die aan prestigieuze universiteiten in de VS studeerden en/of doceerden: Cui Zhiyuan (Chicago en MIT), Wang Shaoguang (Yale), Liu Kang (Pennsylvania en Duke), Hu Angang (Yale), Gan Yang (Princeton) en andere. In China zelf kwam het tot polemiek aan de universiteiten van Beijing en Shanghai met Wang Xiaoming, Qian Liqin en Qin Hui. Vanaf 1997 ontpopte Wang Hui zich tot boegbeeld met een reeks van essays waarin hij de Chinese wijze van hervorming en globalisering ongenadig hekelde. Bij de linguïstische duiding van het neologisme *quanqiuhua* gaf hij reeds de culturele en nationalistische toon aan

van zijn betoog. Het is een assemblage van drie karakters: *quan* (geheel), *qiu* (wereldbol) en *hua* of „ering” als suffix zoals in globalisering. Hiertegenover stelt hij het confucianistische taalsymbool voor China *quanzhongguo*, d.w.z. middenrijk van de wereld.

Wang is er niet op uit om de utopische buitensporigheden van de culturele revolutie te verhelen, maar hij bestempelt het samenspel van de TNO's met het Leninistisch kapitalisme als een even grote miskleun voor het volk. Geen van beide beoogt de vrije markteconomie; zij sturen veeleer aan op oligopolie, op alliantievorming tussen hun dominante belangengroepen en op commercialisering van de macht. De overstap van de ene dictatuur (een revolutionaire utopie) naar een andere (het dictaat van onheilige allianties voor materiële belangen) is niet van aard om het goede leven te brengen waarbij ieder zijn rechtmatig deel krijgt. Integendeel, de nieuwe ideologie van economische groei als absolute prioriteit, met machtsmisbruik van politieke bewindvoerders, lokale ondernemers en internationale managers, resulteert in grote ongelijkheden alsook losrafeling van sociale weefsels en verschraling van nationale cohesie. Globalisering veroorzaakt overal uitholling van nationale identiteit, maar de Chinese omhelzing brengt een overrompeling. De invloedrijke rol van vermogende Chinezen en hun cultuurindustrie uit Hongkong en Taipei kan leiden tot „*Taiwanisering*” of indirecte verwestering van China. De popcultuur en de hype van McWorld stromen binnen langs deze Chinese maar geamëricaniseerde netwerken. In de waardeschaal van Wang heeft economische en culturele democratie voorrang op de liberale, westerse formule. Medezeggenschap van de basis (in de raden van dorpen en steden) en op het werk kan de misgroei ombuigen in de richting van meer billijkheid, maatschappelijke ontplooiing en humanistische waarden.

Cui Zhiyuan en Liu Kang stellen dat het welzijn van bevolkingen in andere culturen zal toenemen na een heilzame ontmanteling van de westerse mythe. Elke grote beschaving heeft haar eigen potentieel, wat maakt dat er meerdere trajecten van modernisering en diverse projecten van globalisering mogelijk zijn. Ook gedragswetenschappen zoals sociologie en economie zijn te sterk gemarkeerd door de wordingsgeschiedenis van het Westen. De Chinese thematisering moet leiden tot relativering (Gan Yang gebruikt de term ont-troning) van de hegemonale denksystemen en universaliserende normencultuur van het Westen. Huntingtons thesis over botsing van culturen is een verdoezeling van Amerikaanse machtsontplooiing voor controle over oliebronnen. Met anderen, zoals Yongsin Lu en vooral Zheng Yongnian, betogen zij dat het lidmaatschap van de WTO wellicht de export zal stimuleren maar de internationale autonomie van China's economische ontwikkeling zal inperken met opgelegde regelgeving die geconcipieerd is in het belang van de dominante centrumlanden. Zo is het niet denkbeeldig dat de gesubsidieerde landbouw van de EU en de VS concurrentie zal doen aan de Chinese boeren. Trouwens, het begrip „autonome ontwikkeling” is sinds de triomf van de globalisering verdwenen uit het discours van Wereldbank, IMF en WTO. Hun focus is *structurele aanpassing* en de ex-com-

munistische landen worden *transitielanden* genoemd. Dit woordgebruik is richtinggevend: zij moeten zo vlug mogelijk overschakelen naar het westerse model. Ten slotte wordt de fraude aan de kaak gesteld bij de privatisering van staatsbedrijven. De corruptie gepleegd door partijbonzen en bureaucraten bij de verdeling van het collectieve vermogen had meer van een plundering dan van efficiënte en correcte beursgang.

De globalisering geconcentreerd op ontwikkelingspolen trok volgens Hu Angang en Wang Shaoguang de staatsfinanciën en de verdelingsfunctie van het socialisme uit de haak: de rijker wordende zones werden economisch en fiscaal steeds rijker, het hinterland verkommerde want hun fiscale opbrengsten schoten steeds meer tekort voor herverdeling van overheidswege. Volgens deze auteurs is China nu gespleten in twee segmenten die op basis van een verschillende strategie evolueren. In het binnenland domineren de staatsbedrijven die voor hun normen van functionering en middelen afhankelijk blijven van de overheid. De kuststrook daarentegen functioneert volgens de mechanismen van de wereldeconomie. De door buitenlandse investeringen gestuwde industriekernen zijn in feite industriële enclaves van het wereldcircuit. Dit dualisme verzwakt de nationale cohesie en laat de welvaart van het hinterland nahinken op deze van maritiem China. Hu Angang heeft zich geprofileerd als de regionaal bewuste economist die het regime ertoe bracht meer aandacht te verlenen aan de rurale zones van het Westen en het Centrum. De verkommering van het binnenland kwam met een schok in het nieuws toen in autoritair China iets ongehoords gebeurde. Een lokaal partij kader van het binnenland, met name Li Changping, stuurde een klachtendossier over partijraden naar de eerste minister in Beijing, die, al even uitzonderlijk, een commissie voor onderzoek ter plaatse stuurde. De hieropvolgende touwtrekkerij tussen hogere instanties en de halsstarrige Li verwekte meer deining dan academische kritiek. De beeldstormer publiceerde prompt een boek, getiteld „*Ik vertelde Zhu Rongji de 'keiharde waarheid'*”, dat in 2002 een bestseller werd. Het boeksucces promoveerde de lokale dissident tot nationale figuur met doorstroming naar het Internet en de wereldpers.

De strijders van „nieuw links” zijn ook vurige nationalist. Zij kanten zich tegen de globalisering omdat de instroom van buitenlandse luxegoederen, van ontspanningscultuur en van leefstijl een aantasting betekent van nationale eigenheid en identiteit. Volgens hen verliest China met de internationalisering, en dus de opening van de economie, ook de controle over het maatschappelijke gebeuren. De kritiek op de losgeslagen consumptieroes galmt krachtig in de culturele kringen van postmodernisten waar men de echo kan opvangen van Marcuses neomarxistische contestatie uit de jaren 1968 in het Westen.

#### DE LIBERALE THEMATISERING

De intellectuelen die zich liberaal profileren zijn talrijker dan hun links gerichte tegenstrevers en worden ook meer gewantrouwd en gecontroleerd door



het regime. De meest strijdlustige met markante publicaties zijn Zhu Xueqin, Qin Hui, Liu Junning, Xu Jilin en He Qinglian, met Li Shenzhi als boegbeeld. Tot zijn overlijden in 2003 was Li verdediger van globalisering, maar dan wel van de volledige formule: met een rechtstaat en politiek pluralisme. In China zonder culturele traditie van beide, moet de verwezenlijking gradueel verlopen. In tegenstelling tot nieuw links is hij voorstander van democratisering van bovenuit en niet langs onder: eerst de bourgeoisie en middenstand, daarna het volk, zoals het ging in Europa en Amerika. De democratisering van staat en maatschappij zal de onevenwichtige globalisering bijsturen naar meer billijkheid en menselijkheid. De globalisering is de dominante trend van onze tijd en bewerkt ingrijpende veranderingen wereldwijd. Ook de machtige Verenigde Staten worden bewogen door multiculturele stromingen. Huntington, de invloedrijke spraakmaker van het conservatieve nationalisme, roept regelmatig nieuwe spookbeelden op: het communisme, gevolgd door het culturele gevaar van Azië en de islam. En recentelijk de Hispano's, die Amerika „latiniseren” en het protestantse werkethos ondermijnen. Hiertegenover stelt Li dat alle grote beschavingen elkaar beïnvloeden. Zij zijn dus allemaal, ten dele althans, mengvormen. Opname van externe invloeden was vaak een leerproces voor vernieuwing. Nu denkt het Westen zichzelf origineel en universeel; ook China zag zich in de Confucianistische traditie „het centrum van de wereld”. De opmars van het Amerikaanse leger naar Eurazië is neokolonialistisch. Het is een gewelddadige inzet van overheersing ten bate van materiële belangen. Deze militarisering van de internationale relaties door de Amerikaanse hegemonie, vereist evenzeer bijsturing als de misgroei van de Chinese economie en samenleving door overhaaste inhaalstrategie. Volgens Li moet democratisering en de erkenning van de rechtmatige rechten van andere beschavingen ook in de charters van internationale instellingen en vooral in hun praktijk van kracht worden. Deze doelstelling van authentieke en humanitair ingestelde liberalen wordt ook door het Westen verwaarloosd.

De jongere groep liberalen publiceert insnjidende pleidooien voor meer marktmechanisme, alsook meer democratie, ethiek en humanisme. Met de talentvolle publiciste en economisch geschoolde He Qinglian hebben de liberalen een vrouwelijke iconoclaste met faam. In 1997 kwam haar boek „*De hinderlaag van China's modernisering*” eerst in Hongkong van de pers. Hierin trok ze hard van leer tegen de misgroei van de Chinese globalisering: met kritiek op de sociale polarisering, de geografische onevenwichten die politieke spanning kweken en vooral ook op de financiële fraude en plunder van collectief kapitaal bij privatisering (verkoop op de beurs) van overheidsbedrijven, over de pervertering van het marktmechanisme door machtsmisbruik van de éénpartijstaat, over de overweldiging door TNO's, enz. Het was de tijd van de Aziatische crisis en de censuur liet de publicatie toe in Beijing en Shanghai op voorwaarde van titelwijziging. Daarop herformuleerde zij de titel: „De hinderlagen van modernisering” met twee inleidende commentaren van Zhu Xueqin en Qin Hui. De nieu-

we versie werd een verkoopsucces. De schrijfster kreeg van een stoutmoedige jury de jaarprijs voor literatuur. Maar toen zij daarna haar onderzoeksresultaten over sociale polarisering in scherpere woorden publiceerde, vond het regime haar aanklacht een politieke brug te ver en moest ze de wijk nemen naar het buitenland. Volgens He is „meer markt” en democratische controle van de staatsvoering zowel als van de monopoliserende TNO's de oplossing. Zij zwaait met de publicaties van Friedrich Hayek maar de staatskapitalisten vinden haar formule anathema voor China. Deze gang van zaken toont dat de grenzen van ideologische etiketten in China dooreenlopen. Ook jonge liberalen doen aan maatschappijkritiek. Zij noemen zich links-liberalen in de traditie van John Stuart Mill en zijn volgelingen.

#### DE OFFICIELE VERSIE

Ten slotte past het ook de tribune te laten aan pleitbezorgers van de officiële inhaalstrategie op Chinese wijze, zoals Song Shichang, Li Ronghai en andere. Het vaarwel aan het egalitarisme met opening naar de wereldeconomie op basis van ontwikkelingspolen wordt voorgesteld als rationele strategie voor een laatkomer in modernisering met een onmetelijk binnenland. De Verenigde Staten in de 19de en Brazilië in de 20ste eeuw volgden hetzelfde traject. Het samenspel van autoritair bewind met TNO's is vruchtbaarder gebleken dan de schoktherapie van overhaaste democratiseerders in postcommunistisch Europa en Rusland. Onder meer de strakke controle op de internationale mobiliteit van kapitaal vermeed kapitaalvlucht en heeft China gevrijwaard van de Aziatische crisis. De neofietse tijgers van ASEAN4, die de prediking van Wereldbank en IMF volgden, liepen in de val. Zoals Deng Xiaoping proclameren de huidige leiders dat China het best gediend is met globalisering in drie fasen. De eerste fase van economische groei is in volle gang; daarna, als de economie het toelaat, zal de fase van de sociale en ruimtelijke bijsturing en correctie volgen. Als derde fase en voltooiing komt dan het politieke stelsel van meerdere partijen en democratisering. De concentratie op groei laat nu nog geen politieke fragmentering toe. In vergelijking met de tegenstrijdige en vaak trage gang van zaken in de westerse democratieën is strakke en technocratische beleidsvoering sneller, trefzekerder en superieur in groeieresultaat. Tegenover westerse modetheorie houden zij zich gedeisd.

In de colloquia over globalisering verwijzen de spraakmakers van het regime naar de financiële deficits en onevenwichten in de handelsbalans van de Verenigde Staten: buitenlandse investeerders belegden recentelijk voor 2 500 miljard dollar meer in de VS dan Amerikaanse beleggers in het buitenland. Er is vooral ook het handelsbalansdeficit van weldra 900 miljard dat voor 65 % gefinancierd wordt door het buitenland. De Verenigde Staten importeren 22 % van de Chinese export en ook tegenover Europa groeit het Chinese surplus. Voor Washington, zoals voor Beijing, is deze afhankelijkheid (voor China de exportmarkt en voor de VS de financiering van extern deficit) onverkwikkelijk: wie

wordt hierbij dupe van wie? Het feit dat de Amerikaanse industrie in eigen land niet kan concurreren met de invoer uit het buitenland en zodoende een deficit van 10 % in industrieel verbruik oploopt, wordt in Beijing met de vinger gewezen als de economische achilleshiel van de militaire hegemon. Voor hen is de situatie duidelijk: Tarzan is economisch en financieel kwetsbaar. De invasie van Irak is een militaire blunder en de mislukking in Eurazië resulteerde in verlies van Amerika's diplomatieke invloed. Tegenover deze exploten voelt Beijing zich minder schuldig voor de onrechtmatige bezetting van militair machteloos Tibet.

## China's Drive in Africa\*

by

Sylvain Plasschaert\*\*

KEYWORDS. — Developments in Africa; International Relations of China.

SUMMARY. — In contrast to the era of Mao Zedong, the rapidly growing involvement of China in Africa is motivated more by economic objectives (sourcing of oil and raw materials) than by political views. China's role materializes in the remarkable extension of international trade and of Chinese investments or other activities (such as by construction firms), soft loans and medical assistance. China achieves a strong competitive position. Yet, some tensions emerge. The demand and the investments by China are an important vector in the presently noticeable growth of Africa. They may also push the industrialization and growth of African countries, provided the latter apply appropriate policies.

TREFWOORDEN. — Evolutie in Afrika; China's internationale betrekkingen.

SAMENVATTING. — *China's offensief in Afrika.* — In tegenstelling tot het Mao-tijdvak, is China's snel groeiende betrokkenheid in Afrika meer door economische objectieven (vooral bevoorrading in olie en grondstoffen) dan door politieke overwegingen gemotiveerd. De Chinese aanwezigheid komt tot uiting in snel gestegen internationale handel, directe investeringen en andere activiteiten (o.m. door constructiebedrijven), goedkope leningen, medische bijstand. China maakt daarbij een sterke competitieve positie waar. Toch komen ook sommige spanningen aan de oppervlakte. De vraag en de investeringen vanuit China zijn een belangrijke factor in de momenteel opmerkelijke groei in Afrikaanse landen; zij kunnen ook, mits een doordacht beleid, de industrialisatie en groei in Afrikaanse landen stuwten.

MOTS-CLES. — Evolution de l'Afrique; Relations internationales de la Chine.

RESUME. — *La percée de la Chine en Afrique.* — Contrastant avec l'ère sous Mao Zedong, l'implication rapidement croissante de la Chine en Afrique est motivée davantage par des objectifs économiques (notamment l'approvisionnement en pétrole et matières premières) que par des considérations politiques. La présence chinoise se manifeste dans l'extension sensible du commerce international, des investissements directs et d'autres activités (notamment par des firmes de construction), des prêts préférentiels, une assistance médicale. La Chine réussit à se forger une forte position compétitive. Néanmoins, certaines tensions émergent. La demande et les investissements émanant de la Chine

---

\* Paper presented at the meeting of the Section of Moral and Political Sciences held on 20 November, 2007. Text received on 18 January, 2008.

\*\* Member of the Academy; hon. Prof. University of Antwerp (UFSIA), hon. sr. lecturer Catholic University of Leuven (KUL).

constituent un vecteur important de la croissance actuelle appréciable de l'Afrique, qui est par ailleurs susceptible, moyennant des politiques appropriées, d'impulser son industrialisation et sa croissance.

\*  
\* \*

Multifarious recent facts and developments (mentioned in section 1), which nonetheless must be traced in proper perspective (section 2), highlight the present impressive thrust of the People's Republic of China (PRC) into Africa, more particularly South of the Sahara (SSA). Questions are thereby raised as to China's motivations (section 3) and about the impact on both the African countries themselves and on the European Union (section 4).

Let me stress that the wide contours of the subject matter, the political and economic heterogeneity of the African continent with its about fifty separate states, and the space constraints on this text only allow a general sketch. Nor is it feasible, in a rapidly evolving landscape, to establish a complete inventory per sector, or country-wise, of Chinese projects in Africa. Only a few examples are mentioned; to avoid tedium, the sources from which they are drawn, are not recorded for each case. [1]\*

### 1. Striking Recent Developments

The Chinese offensive in Africa is highly visible along several vectors:

- Since the turn of the century, China has started a diplomatic safari at a very high level. Top Chinese leaders have visited a number of African states. In November 2006, the top leaders of no less than forty-six countries gathered in Beijing for the third Forum China-Africa Summit. One should mention that the 2007 annual conference of the African Development Bank, of which the PRC became a member, took place in Shanghai.
- Total trade (*i.e.* exports and imports) between China and African countries has grown exponentially, from insignificance in 2000 to \$ 42 bln in 2005 and \$ 55 bln in 2006. China is now the third largest trade partner of the African continent, after the USA and France (despite the preferential so-called Cotonou trade arrangements between the EU and the African, Caribbean and Pacific (ACP) countries).
- The asymmetric composition of exports and imports by African countries easily explains that the trade balance presently tilts in favour of Africa. The exports out of Africa predominantly consist of crude oil and other raw materials, whose prices have skyrocketed and which feed the rapid industrial

---

\* The numbers in brackets [ ] refer to the notes p. 128.

growth in China; but only a small number of African countries are involved. Whereas imports into African countries, and originating in China, largely comprise less sophisticated manufactures and equipment.

- Foreign Direct Investments (FDI) from China in Africa have equally grown impressively. A recent tally states that about eight hundred Chinese firms have invested around \$ 1.2 bln. Mining ventures, some of them quite large, predominate again; the rights secured from African governments over blocks of deposits usually cover both exploration and the actual exploitation of existing mines.
- The FDI are not limited to the mineral sectors. Manufacturing, and most recently banking, have also tempted Chinese firms. Thus, the largest Chinese commercial bank, the ICBC (Industrial and Commercial Bank of China), took a 20 % stake in the Standard Bank, the largest African bank proper, which, headquartered in South Africa, has affiliates in a number of other African countries.
- In a related but distinct category, Chinese firms, most often non-state one's, have often won the tenders opened for public works. Thus, a Chinese firm is rehabilitating the Tanzam railway connecting the Zambian copper mines and Tanzania, and which was originally built in the 1970s by Chinese workers. In a similar vein, Chinese firms are now rebuilding the Benguela railway, from Angola to the coppermines in the former Katanga. [2] In Ethiopia, the installation of a modern network of telecommunications has been entrusted to a Chinese firm. Elsewhere, highways or airfields are built by Chinese firms. In some cases, they bring with them not only the supervising cadres, but also ordinary workers.

China is also rapidly emerging as a financier of projects in Africa, along a spectrum of different modalities. [3] Most of the investment projects, referred to earlier, are financed by Chinese sources.

A noticeable feature of those financing flows is that they often carry sizable elements of 'softness', *i.e.* conditions which are more favourable to the beneficiary than market-based transactions would be, thus containing a 'grant coefficient' in the OECD jargon. Participating in a worldwide move, China also cancels the debts of loans formerly extended by China to least developed countries, although the aggregate amount of those loans was modest. China also claims that its financial assistance is free of 'conditionality', *i.e.* of commitments imposed upon the borrower as regards some economic policy options.

Two financial institutions, established in 1994 but rapidly expanded since, perform a prominent role in channeling financing to Africa. Both are funded by bond issues in China. As of September 2006, the Export-Import Bank of China ('the China Exim Bank') carried two hundred fifty-nine projects in Africa, mainly for infrastructure (dams, pipelines, roads). It also handles concessional loans. The China Development Bank, a major financing vehicle for infrastructure within China, manages a newly established China-Africa Development Fund, endow-

ed with \$ 5 bln, which supports Chinese FDI's in Africa. [4] WANG (2007) notices that those flows are now essentially put on a commercial footing instead of operated as pure aid channels and that non-state Chinese firms play a relatively important role.

Finally, one should also mention that China extends technical assistance in various ways. Thus, scholarships are extended to African students; medical personnel has been dispatched to some African countries, with a focus on the fight against malaria.

All in all, over a short span of time, China has become an outlet for African commodities, an investor and contractor, a donor and a financier. It became engaged with most African countries. This impressive Chinese trek to Africa is bound to affect the long-established relationships between Africa and the West, as further commented on in section 4.

## **2. The Chinese Thrust must be put in Proper Perspective**

It must be qualified in a number of aspects indeed.

First, China's trade and investment relations with African countries remain quite modest, in the aggregate. Its imports from African countries account for about 3 % of the aggregate import value and China's outward FDI flows now represent 1-2 % of the overall amount. On China's export flank, the potential for outlets on the African continent, while growing, remains low. Africa is not a homogeneous and freely accessible area. Most of the SSA states, while often covering a large territory, are economic dwarfs: their GDP may not exceed that of a medium-sized European town. Moreover, a significant part of that GDP is composed of subsistence hand-to-mouth activities, which remain impervious to international trade. The proliferating regional free-trade agreements among states in the same region are not likely to improve market access for foreign firms, as the lack of convenient roads and the similarity of economic structures hamper economic intercourse amongst neighbouring countries.

Second, the trek of the Chinese government and of Chinese firms to Africa is not a stand-alone event, but partakes in an offensive which extends to all azimuths. The insertion of China in the globalizing world economy, since Deng Xiaoping launched the motto of "opening to the outside world", is truly astonishing. China, nowadays, is a much more open economy — as measured in terms of exports or/and imports to GDP — than other large countries such as India, Brazil, Japan or the United States. This opening is carried by the rapidly growing exports out of China, which are themselves fed, to the tune of about 60 %, by 'foreign invested enterprises' in China, *i.e.* wholly-owned affiliates of foreign firms or their joint ventures with Chinese counterparts.

The rapid extension of international trade is particularly obvious with China's neighbours, with some of whom, such as India and Vietnam, relations were

strained in the not so distant past. Even with Japan, the erstwhile enemy, economic relations have remained intense, whereas presently there appears growing willingness to relax the political tensions.

The official thesis of the Chinese leadership is that, in order to achieve rapid economic growth and a level of much higher well-being for its large population, China needs, apart from stability at home, a decades-long period of peaceful relations with all countries, beyond all its borders. As argued elsewhere (PLASSCHAERT 2007) this is a plausible proposition.

Third, the PRC is not the only state interested in trade with African countries. Today, the scramble for raw materials, and primarily for crude oil, is in full swing among the major nations. In Asia, apart from China, Japan and India turn to mineral deposits in Africa in order to feed their industries. The United States and European countries have similar needs, were it only because they want to lower their dependence on oil supplies from the politically unstable Middle East.

Finally, already earlier, during the reign of Mao Zedong (1949-76), China attempted to penetrate some countries in Africa. The motivations were then essentially political, namely to garner goodwill within the then prevailing cold war with the USA and the Western world, and later, with the Soviet Union. Mao-China ambitioned a leading role among third-world nations. Thus, a Chinese textile factory was established in Khartoum. A highly visible undertaking consisted of the Tanzania- Zambia railway over 1,860 km.

### 3. China's Motivations

Although political objectives are not absent today, mainly economic considerations underpin China's urge to access African countries.

The quest for raw materials was already mentioned. Oil tops China's needs, but other minerals are also sought in order to feed the manufacturing sector and other consumers (such as users of cars).

China is a voracious energy consumer. It has become a net importer of crude oil since 1993. Abundant domestic coal supplies around 70 % of the country's needs, at present. While there is large scope for improving the efficiency of energy use, the further anticipated growth of the industry will call for the exploration and activation of all other sources of energy — hydraulic, nuclear and renewable one's. Yet, crude oil and natural gas will remain necessary, and require large imports. China's safari in Africa, in search of oil, is also linked to its concern not to be overly dependent on the Middle East. The African continent accounts for one third of China's imports of crude.

At present, Angola is by far the largest supplier of crude in Africa, followed by Sudan, Congo Brazzaville and Equatorial Guinea, but Chinese firms have secured sizeable drilling licenses in Nigeria and Gabon, thereby supplanting Western competitors.



Several of the countries just mentioned do not enjoy a favourable reputation in the Western world on account of their poor human rights record. To this objection, the Chinese side reacts that they do not want to intervene in the domestic politics of the African countries and that their assistance is not tied to specific conditions of political management, in contrast to what international aid agencies, such as the World Bank or the International Monetary Fund, often request. Besides, questioned about China's involvement in the above-mentioned countries at a seminar in Brussels, early 2007, the Chinese vice-minister of foreign trade bluntly stated that those are countries in which Western oil firms have not shown an active interest, and that Western multinational enterprises have pre-empted the exploitation of oil reserves in the other countries.

China's hunger extends, naturally, also to minerals, other than crude oil. In South Africa, Chinese projects have been reported in iron ore and manganese. In Gabon, the latter mineral has attracted Chinese firms. In Zimbabwe, this occurs with respect to platinum. The D.R. of Congo recently contracted a \$ 14 bln deal with China, whereby the latter will modernize the copper and cobalt mines in the Katanga province. [5]

Chinese firms, many of them non-state one's, have found *market outlets in African countries*, either by way of exports or by local production or assembly. As already noticed, these markets remain of limited size. Yet, increasingly, Chinese-made products are finding their way into African countries: they typically are mass-products, of little sophistication, and lowly priced, such as textiles and consumer electronics, accessible to a population with an as yet modest purchasing power. Thus, they can readily compete with local production or goods imported from other parts of the world. Chinese motorcycles have found market outlets in Nigeria. One may also mention that Chinese firms are establishing car assembly in Ethiopia and Angola, admittedly with an initial small scale of production.

Although in contrast to the Mao era, Chinese exports and FDI's are in essence not politically or even less ideologically driven, *political motivations* cannot altogether be negated. In general geopolitical terms, China's growing presence in Africa builds a counterweight to the USA and other 'western' powers in a world which, in Chinese eyes, is bound to become a multipolar one, in which China will play a choice role. China and the African continent thus establish '*South-South trade and investment links*, which is a new phenomenon with political significance. These deviate from the traditional one's, whereby the high-technology North trades manufactures with the South, in turn supplying either raw materials or labour-intensive goods. China's offensive in Africa also has a more specific political objective, namely to swerve the few African states that still recognize Taiwan, towards dealing exclusively with the PRC. [6] In this connection, Chinese economic involvement is not entirely unconditional, as it pursues political leverage, namely to isolate Taiwan in the diplomatic arena.

## 4. The Impact of China's Thrust into Africa

### 4.1. ON AFRICAN COUNTRIES

The impact of China's incursion into Africa must be evaluated, in its obvious positive and possibly negative aspects, against the background of the dismal course of the economies of the African countries since they achieved political sovereignty, about half a century ago. This sequence stands in glaring contrast to the impressive growth in East Asia, and particularly in China. Consequently, Africa's share of world exports has fallen from 6 % in 1980 to 1.6 % in 2002, and that of imports from 5 % to 1.5 % (NISSANKE & THORBECKE 2007). Africa has remained aloof from the expansion of exports of labour-intensive products, which has been a major engine of growth in China and other Asian countries. In other words, the process of globalization has not bestowed significant benefits to African countries; it may even have caused net losses, to the extent its weak domestic manufacturing sectors have been battered by imports from other countries, and, *a fortiori*, were unable to conquer substantial market outlets abroad, although, under the Lomé-Cotonou arrangements, they enjoyed some preferential access to the EU.

While the implications of China's incursions in Africa are here traced only in their general dimensions, it is also worthwhile reminding that, over the last five years, some signals kindle the hope for a turn for the better in Africa, and perhaps even for a turnaround. "Since the mid-1990s, nineteen Sub-Saharan countries have had annual GDP growth of 4.5 % or higher" (BROADMAN 2006, p. 6). Admittedly, this positive outcome is concentrated amongst a small number of countries, especially those who have benefited from the escalating prices of oil and other minerals. Favourable prospects for further growth are conditional upon the ability of those states to diversify their output away from raw materials, once the latter's boom period would be halted.

Although China's multifaceted and spectacular entry into Africa started only in recent years, and this short span of time does not allow to measure the extent to which China's entry in the African arena has shaped the recent more favourable economic course, its noticeable impact already manifests itself in several aspects.

- The demand by a resource-thirsty China lifts both the quantity and the market price of oil and other minerals, although China is not the only important player on the demand side.
- Investments by Chinese firms, often supported by official financing institutions, extend beyond the minerals sector. Infrastructural projects in railroads, highways or telecommunications contribute to the removal of a serious hindrance to development in African countries, and to their insertion in the international economy.

- At least in some cases, such as the establishment of refineries in Sudan and in Chad, or a glass factory in Ethiopia, the traditional African role of only exporting the raw materials without benefiting from the value added in their subsequent processing, is being surpassed.
- The imports of China-made simple goods appear to be suited to the markets of African countries, with their low-income populations. But they also raise objections, as they tend to compete away local producers, who have at times strongly complained, as was the case in Zambia, Lesotho and South Africa. In the latter country, the Chinese government has accepted to reduce the quantity of textile exports.
- The Chinese engineering and construction firms, which secure tenders and sometimes also bring along non-executive workers, are credited with a high level of efficiency and speed. A complaint voiced is that the Chinese workforce tend to live in a self-contained habitat. So far, Chinese workers are staying only temporarily in Africa and are not inclined to spend their lives abroad.
- The financial means imparted from China, often at favourable conditions, allow African countries to undertake more infrastructural or directly productive investments.
- Some African firms may become partners in the rapidly spreading international production chains, which multinational firms establish themselves or organize with unrelated suppliers (BROADMAN 2006). One may wonder nonetheless whether the advance already scored by firms in China or elsewhere in East Asia, with respect to such 'processing trade', can be bridged in African countries. Will the export processing zones, which have so far not at all prospered in Africa, and which China has pledged to set up in some African countries (amongst them Zambia), become successful?
- In a more indirect fashion, the dynamism often displayed by Chinese firms, and the more hopeful horizons for development, which the China link opens, may induce governments and businesses in Africa to undertake much needed reforms, not only 'at the border', *i.e.* as regards international trade, but also 'behind the border', *i.e.* in the domestic setting, in order to reap the opportunities which the China link opens (for a detailed analysis, see BROADMAN 2006).
- China's astounding growth and export performances cast it in a model role. Yet, although some aspects of China's policy tool kit, such as the unleashing of entrepreneurial initiatives, more recently in their booming private sector, deserve imitation in African countries, the wholesale transplantation of China's development model, which is rooted in a completely different cultural and economic soil, is not conceivable.
- China's example, which basically combines a market economy, even a free-wheeling one, with a still autocratic political system, may be welcomed in those African countries where autocrats want to cling to their power.
- African countries will have to shoulder the recurrent public expenditures caused by completed projects and which are not covered by the Chinese

financing flows. The inability to assume such outlays has often been a glaring weakness in the mechanisms of aid to developing countries.

- One may also raise the question whether economically small African states can wield sufficient negotiating power vis-à-vis large Chinese firms, which usually have already scored successes on their home turf, before they embark upon a venture in Africa.
- The preceding comments do not imply a free ride for China in Africa. Their ventures also face risks: the environment for doing business in African countries remains cloudy and arduous. Chinese businesses are likely to encounter difficulties in adjusting to an alien African cultural setting; this may induce reactions of rejection by the local populations. Bandits who took foreign managerial personnel as hostages in Nigeria or Ethiopia did not spare Chinese nationals.

#### 4.2. ON THE EUROPEAN UNION

The rather sudden surge of China into Africa shakes the complacent European leaders and business executives, who were accustomed to view Africa as a familiar hunting ground for their enterprises. There can be no doubt that China is now a major player in Africa and implements a strategy, which, while not neglecting its own interests, is capable of bestowing more benefits on the economies of African countries than the traditional business connections between Africa and the EU, casting the former in the role of procurer of raw materials, were able to generate.

For the time being, China enjoys a valuable psychological advantage as, politically, it has not been a colonial power in Africa and can claim to be the largest (still) developing country, hence being entitled to act as the natural leader of the 'Bandung club' of non-committed countries.

This rather sudden shift in the geopolitical stance of Africa occurs at a time when, in concordance with WTO rules, the preferential trade agreements between the ACP countries and the EU must be terminated; anyhow, they have not been a shining success, in terms of African exports of manufactures.

A new 'Economic Partnership Agreement' with African countries, as much as possible within regional groupings, that would ban any connotation of paternalism, has been proposed at a Lisbon summit between Africa and the EU in early December 2007 — which, according to some commentators, was a barely disguised reaction to the similar summit in Beijing in November 2006.

Competition between China and the EU is in the cards on the African scene. This rivalry, provided it does not become destructive, is no doubt beneficial to Africa, which now attracts more international attention. Redirecting the focus on Africa, almost a forgotten continent and sunk into a backward position, is badly needed, as the plight of Africa deserves priority care by the international community, both on economic and moral grounds.

There is also scope for cooperation between China and the EU both in the financing area and 'in the field' between enterprises. This was the message that was launched at a trilateral conference in Brussels in June 2006, convened by the EU (MICHEL 2007). While overly optimism appears premature, it is gratifying to notice that in December 2007, the Eximbank of China and the World Bank have agreed to seek ways of cooperation.

#### NOTES

- [1] Such cases are inferred from the international press and from *The China Daily*. The *Weekly Letter* by the Centre of China Studies of the University of Stellenbosch, South Africa, reports on many Chinese individual projects.
- [2] The Benguela Railway belonged to a concession granted to Tanks Consolidated Investments, a subsidiary of the Société Générale de Belgique. That concession lapsed in 2001. Anyhow, the Railway was utterly destroyed during the long civil war in Angola.
- [3] These have been surveyed in a recent IMF paper (WANG 2007), which does not claim to be comprehensive, as the data collated lack transparency.
- [4] On January 15, 2008, the first batch of such projects, a.o. in Ethiopia, Ghana and Zimbabwe, for a total amount of over \$ 80 mln, was signed.
- [5] Four Chinese state enterprises, with an aggregate 68 % stake, will enter into a joint venture with Gecamines, the state-owned Congolese mining company, the successor to what was once the *Union Minière*.
- [6] In Africa, only Burkina Faso and Swaziland still side with Taiwan. In recent years, Senegal, Chad and, most recently, Malawi, severed their links with Taiwan.

#### REFERENCES

- BROADMAN, G. 2006. Africa's Silk Road. China's and India's new economic frontier. — Washington DC, the World Bank.
- Deutsche Bank Research 2006. China's commodity hunger. Implications for Africa and Latin America.
- MICHEL, L. 2007. UE-Chine-Afrique: d'une relation de concurrence à un partenariat triangulaire pour le développement de l'Afrique (Brussels, June 28, 2007, speech at conference).
- NISSANKE, M. & THORBECKE, E. 2007. Globalisation, Growth and Poverty in Africa. — Wider Angle, 2.
- PLASSCHAERT, S. 2007. China. Inzicht in zijn doorbraak. — Leuven, Davidsfonds.
- WANG, Jian-Ye 2007. What drives China's growing role in Africa? — Washington DC, IMF Working Paper WP 07/211.

**Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen**

---

**Classe des Sciences naturelles et médicales**

## Active Tectonics and Seismotectonics in Vietnam\*

by

Trinh PHAN TRONG \*\*

**KEYWORDS.** — Active Fault; Seismic Risk; Trike-slip; Slip Rate; Maimum Earthquake.

**SUMMARY.** — Study of active tectonic development in Vietnam has great significance in both scientific and practical aspects. Right lateral strike-slip offsets along the Red River fault in Pliocene-present are determined by analysing tributaries, Quaternary alluvial fans, river valley from LANDSAT, SPOT images, detailed topographical maps and field observation. Along the SW fault of the Red River, right lateral offsets of stream channels range between 150 and 700 m (mean offsets of 300 m). Drainage offsets (170-450 m) are found on the E branch. Assuming the major phase of incision visible in this area, close to the Red River delta due to the onset of Riss glaciation and using the average length of offset channels and a minimum rate of 100-150 mm/yr for river propagation, we estimate the horizontal slip rates at  $2.9 \pm 1.7$  mm/yr for Song Chay fault, at  $2.3 \pm 1.5$  mm/yr for Red River left side fault and  $2.1 \pm 1.5$  mm/yr. For Red River left side fault, several active faults associated with it are observed in Son La area. The Phong Tho-Nam Pia fault, very clear in the geomorphology, separates Tu Le and Song Da rift zones. Normal fault segments of striking NW-SE, SW dipping is observed clearly from SPOT images. In the field, triangular facets indicate typical dip slip displacement. Based on different data, vertical slip rate of Phong tho-Nam Pia fault is estimated at 0.2-0.4 mm/y for Pliocene-present, 0.5 - 3 mm/y for Quaternary-present and 0.6-1.7 for present time. Based on various methods, Maximum Credible Earthquakes for different fault segments in Vietnam were estimated.

### Introduction

Study of active tectonics in Vietnam and surrounding area is important not only for understanding tectonic development in Southeast Asia but also for the reduction of seismic hazards in this area. In particular, the study of active tectonic development of the Red River fault zone has great significance in both scientific and practical aspects. The mechanism of deformation of the lithosphere

---

\* Paper presented at the meeting of the Section of Natural and Medical Sciences held on 27 March, 2007. Text received on 12 September, 2007.

\*\* Member of the Academy; Institute of Geological Sciences, Vietnamese Academy of Science and Technology, 84 Chua Lang Street, Dong Da, Hanoi (Vietnam).

is currently a topic of international debate among many research groups. The first view suggested that due to the collision between the Indian continental block and the Asian block, the deformation mainly concentrates at the contact of collision noticed by the compression and thickness of the lithosphere. This model suggested that the extrusion was not significant and if any, it would be absorbed by the sub-meridian fault zone like the Shansuihe fault in Yunnan-China (ENGLAND & HOUSEMAN 1986). According to this model, the Asian block was not extruded by the collision. The second view considered the Indian block as a rigid one and the Asian block was deformed following indentation mechanism. Part of deformation in the Asian block was absorbed by thickness of lithosphere. Another part of deformation occurred along strike-slip fault zones. The left lateral displacement occurred along the Antyl-tag fault and the right lateral movement along the Red River fault that made the South China Block extruded towards the east (TAPPONNIER *et al.* 1982). Basing on plasticine experiments and field observations followed by detailed laboratory analyses, TAPPONNIER *et al.* (1982) proposed that a large fraction of Asian deformation was taken up by successive extrusions of large continental masses along great strike-slip faults. Such a view has been challenged by the idea that the Asian continent responds to deformation as a viscous fluid (ENGLAND & HOUSEMAN 1986, HOUSEMAN & ENGLAND 1993). An alternative view is that surface faults only separate upper crustal blocks whose relative motions are driven by lower crustal distributed flow, along a great N-S dextral discontinuity at the eastern margin of India.

Therefore, the Red River fault zone is the key for verification of the models of lithosphere deformation. Beside the question about the direction of the lithosphere slip, one pays attention also to the size and slip rate of different blocks. At present, there is a big contradiction between active fault slip rate calculated from the seismic moment and that calculated according to the geologic data. Studies of earthquake moment provide a precise understanding of the present deformation of continents. In Asia, slip rates on the largest active faults of the order of a few centimetres per year indicate that movements along a few narrow zones absorb much of the present-day convergence between India and Eurasia (AVOUAC & TAPPONNIER 1993). Studies of active faults also lead to more quantitative bounds on the relative importance of shortening mechanisms such as strike-slip faulting and overthrusting. The slip rates on faults in western Tibet and the Tien Shan, for instance, suggest that 30-50 % of the present-day convergence between India and Siberia is taken up by strike-slip faulting along the northern and southern edges of Tibet (AVOUAC *et al.* 1993).

However, present-day tectonic styles and rates cannot be extrapolated for long into the past. Since the deformation of Asia started with the onset of collision, prior to ~50 Ma, instantaneous rates derived from earthquake moment tensors concern at most ~ 2.1-4 % of the collision span, while rates deduced from morphotectonic studies characterize only the last few percent of that span. A full, quantitative understanding of the finite strain induced by collision evidently



requires analysis of pre-Quaternary movements and deformation.

The value of slip rate of Altyl-tac shear calculated from seismic moment is several ten times smaller than that determined by the geomorphologic-geologic observed data. The GPS measurement showed that the South China Block is slipping eastward with a speed more than 20 mm/yr. If taking into account the ability of the turning anticlockwise of the South China block, one can forecast that strike-slip rate of the Red River fault zone is larger than 10 mm/yr. This forecast seems to be contradicted with the fact that large earthquakes have not occurred along the Red River fault zone. Beside research on directions and slip rate of the Red River fault zone, we need to make clear about the timing of this process. This research has an important significance in examining the possibility of existence of pedepene surfaces in Vietnam and evaluation of erosion rate in this region (fig. 1).

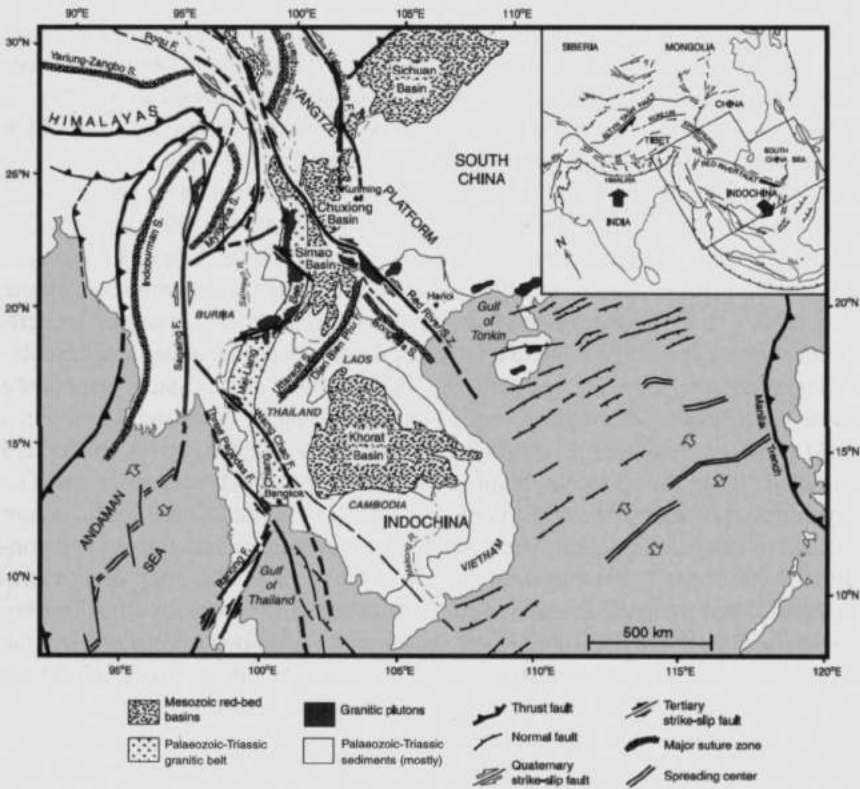


Fig. 1. — Geologic and tectonic map of Southeast Asia (modified after LELOUP *et al.* 1995).

Study of active tectonics of Vietnam has another practical importance in prevention and reduction of earthquake disasters. The Red River fault and some

other active faults are located closely to the Hoa Binh, Thac Ba, Son La hydropower dam. The assessment of earthquake hazards have to be based on the characteristics of faults: size of fault segments and their slip rate at the current time.

### Tectonic Setting

Vietnam and surrounding area is affected intensively by tertiary tectonics. Opening the eastern sea of Vietnam (South China Sea) is related to the left lateral movement of the Red River fault zone. The Red River fault zone is the major geological discontinuity that separates South China from Indochina. Today it corresponds to a great right-lateral fault, following for over 900 km the edges of four narrow, less than 20 km wide, high-grade gneiss ranges that together form the Ailao Shan-Red River (ASRR) metamorphic belt: the Day Nui Con Voi in Vietnam and the Ailao, Diancang and Xuelong Shan in Yunnan. The Ailao Shan, the longest of those ranges, is fringed to the south by a strip of low-grade schists that contain ultramafic bodies. The ASRR belt has been viewed as a suture. A detailed study of the Ailao and Diancang Shan shows that the gneiss cores of the ranges are composed of strongly foliated and lineated mylonitic gneisses. The foliation is usually steep and the lineation nearly horizontal, both being almost parallel to the local trend of the gneissic cores (LELOUP *et al.* 1995). Numerous shear criteria, including asymmetric tails on porphyroclasts, C-S or C'-S structures, rolling structures, asymmetric foliation boudinage and asymmetric quartz axis fabrics indicate that the gneisses have undergone intense, progressive left-lateral shear. P-T studies show that left-lateral strain occurred under amphibolite-facies conditions (3-7 kb and 550-780 °C). In both ranges high-temperature shear was coeval with emplacement of leucocratic melts. Such deformed melts yield U/Pb ages between 22.4 and 26.3 Ma in the Ailao Shan and between 22.4 and 24.2 Ma in the Diancang Shan implying shear in the Lower Miocene. The mylonites in either range rapidly cooled to 300 °C between 22 and 17 Ma, before the end of left-lateral motion. The similarity of deformation kinematics, P-T conditions and crystallization ages in the aligned Ailao and Diancang Shan metamorphic cores, indicate that they represent two segments of the same Tertiary shear zone: the Ailao Shan-Red River shear zone. Field observations confirm the idea that the Ailao Shan-Red River shear zone was the site of major left-lateral motion, as Indochina was extruded toward the SE as a result of the India-Asia collision. The absence of metamorphic rocks within the 80 km long "Midu gap" between the gneissic cores of the two ranges results from sinistral dismemberment of the shear zone by large-scale boudinage followed by uplift and dextral offset of parts of that zone along the Quaternary Red River Fault. Additional field evidence suggests that the Xuelong Shan in northern Yunnan and the Day Nui Con Voi in Vietnam are the northward and southward extensions respectively, of the ASRR shear zone.

These results significantly improve the quantitative understanding of the finite deformation of Asia under the thrust of the Indian collision. While being consistent with a two-stage extrusion model, they demonstrate that the great geological discontinuity that separates Indochina from China results from Cenozoic strike-slip strain rather than more ancient suturing. Furthermore, they suggest that this narrow zone acted like a continental transform plate boundary in the Oligo-Miocene, governing much of the motion and tectonics of adjacent regions.

South and east of the Ailao Shan, the Day Nui Con Voi stretches for about 300 km along the north bank of the Red River. With a width of 10-15 km, it forms the southernmost massif of the ASRR metamorphic belt. In southern Yunnan, that range nearly merges with the Ailao Shan, being separated from it by the active Red River valley fault. Near the Yunnan-Vietnam border, this fault splays into two roughly parallel strands, the Chay River and Red River faults, which bound the Day Nui Con Voi to the north and south, respectively. Currently, both fault-strands appear to slip mostly right-laterally, with variable components of normal slip (PHAN TRONG *et al.* 1994).

As for the Ailao Shan, the Day Nui Con Voi metamorphic rocks are mapped as Proterozoic (PHAN TRONG *et al.* 1994). South of Red River fault, the Ailao Shan terminates in the reportedly Paleogene FanxiPan granite massif is the Day Nui Con Voi gneisses across one complete section and outside that section shows that most rock types are mylonitic with a well-defined foliation, striking nearly parallel to the belt, as in the Ailao Shan. NE of the Red River fault, Paleozoic granite – Chay River massif was deformed at border in Cenozoic (ROGER *et al.* 2000). Along the Bao Yen section, the foliation is generally steep, dipping either towards the SW or NE. The stretching lineation is everywhere well defined and nearly horizontal. Shear criteria are left-lateral irrespective of the foliation dip. Preliminary U/Pb and  $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$  radiometric dating yields Eocene-Oligocene ages. We interpret the Day Nui Con Voi to be part of the ASRR shear zone, which brings this narrow belt of Tertiary, left-laterally sheared, metamorphic rocks to a total outcrop length of 900 km, almost to the shore of the South-China Sea (LELOUP *et al.* 1995, PHAN TRONG *et al.* 1997, LELOUP *et al.* 2001). In the metamorphic cores of the ASRR, left-lateral shear that was ongoing at high temperatures pursued during cooling of these ranges (LELOUP *et al.* 1993, LELOUP & KIENAST 1993, LELOUP *et al.* 2001). P-T estimates based on garnet chemical zoning and garnet-biotite and garnet-sillimanite-plagioclase-quartz thermobarometry show that left-lateral strain occurred in the Day Nui Con Voi, Ailao Shan and Diancang Shan ranges under a very high geothermal gradient, from amphibolite facies (3-7 kb & 550-780 °C) to greenschist facies (< 3.8 kb & 500 °C) conditions (LELOUP & KIENAST 1993; LELOUP *et al.* 1993, 2001).

The cooling history of the whole shear zone, based on more than one hundred  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  ages, shows that the four ranges forming the ASRR, have their own cooling histories. However, all these cooling histories show two main episodes of rapid cooling separated by a period of slower cooling: cooling (I) from peak

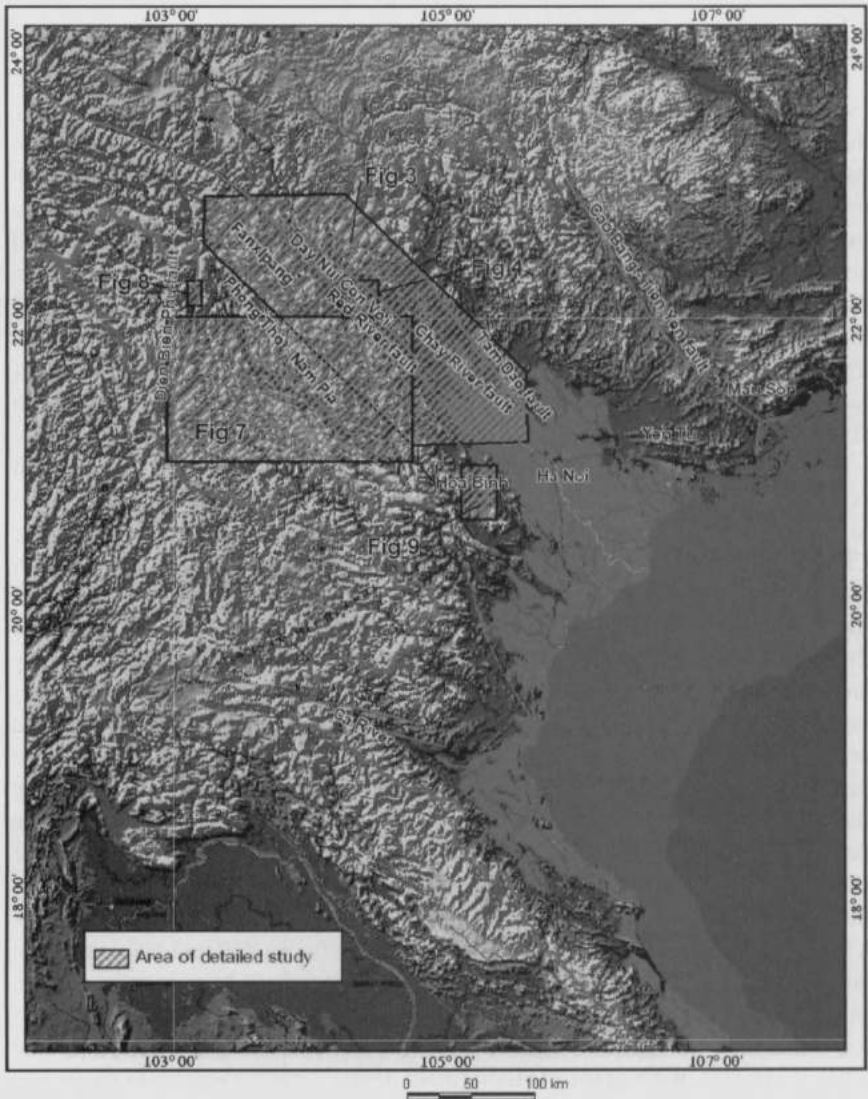
metamorphism during left-lateral shear, and cooling (II) from greenschist conditions during right-lateral reactivation of the ASRR (LELOUP *et al.* 1993, 2001). The timing of cooling (I) differs in the different ranges (32 Ma in the XLS, 24 Ma in the DCS and 28 Ma in the DNCV) and is diachronic along strike in the Ailao Shan (from 28 to 18 Ma) (SCHAERER *et al.* 1994, LELOUP *et al.* 2001). During cooling, denudation rates were 0.4 mm/yr (Diancang Shan) and 1.6 mm/yr. We propose a kinematic model termed “zipper tectonics” explaining how and when cooling (I) took place (BRIAIS *et al.* 1993, PHAN TRONG *et al.* 1994, LELOUP *et al.* 2001).

The northwest region of Vietnam was affected by intensive deformation in tertiary. Overthrusting was widely developed in many areas such as Hoa Binh arc, Sapa marble and Phong Tho Limestone (PHAN TRONG *et al.* 1997). It should be noted that Triassic limestone overthrust Yen Chau stratum system. This can be observed directly at Moc Chau plateau (FINDLAY & PHAN TRONG 1997). At 10 km from Yen Chau to the north, on the way from Ban Dan to Ban Ngop, one can observe directly Triassic limestone overthrusting upper Yen Chau formation with inverse bedding of Yen Chau beds. Triassic limestone displacing over red sediments (PHAN TRONG 1997, LACASSIN *et al.* 1998) made both limestone and sediments deformed strongly. At the contact place, limestone and clay slab can be found to be tumbled alternatively. Further from the contact zone toward Yen Chau formation, shale, laminated conglomerate, crumpled folds and cracks with chaotic displacement direction are observed. In many places, the bedding of Yen Chau conglomerate layer is steep raised or inverted, and after that changed into bedding more gently, or rather gently when running for ways the contact place. At about 10 km from Yen Chau toward Son La, inverse bedding of Yen Chau formation can be observed. From various field observations, the bedding direction of Da river fault zone can be identified being inclining toward the southwestward and expressing thrusting and overthrusting activities of deformation after Cretaceous (PHAN TRONG *et al.* 1999). The left slip phase of the Red River fault still continued after 19-17 Ma. Basing on data of brittle deformation (cracks and small faults), we have determined tectonic stress state for a series of places in Northwest Vietnam (PHAN TRONG 1994). In this period, the Dien Bien-Lai Chau fault zone operated like a right lateral strike-slip fault. Analysis of different structure zones along both sides of Dien Bien fault zone shows the right lateral shear along this fault zone reaching 170-200 km. Rocks along Dien Bien fault zone are laminated and milonized strongly. On the road from Lai Chau to Phong tho, at 30 km west from Phong Tho, strongly deformed gneiss can be met (PHAN TRONG *et al.* 2002a). After 15 Ma, left lateral slip displacement along NW fault system has been reduced step by step, but uplifting is continuing. Perhaps, there was a rest phase of 12 to 5 Ma (LELOUP *et al.* 1995). In the present tectonic plan, a series of fault zones express their activities in Pleistocene and continue up to present. The clearest manifestation is the Red River fault, Chay River fault and Dien Bien-Lai Chau fault zones.

### Active Tectonics

Brittle micro tectonic analysis indicates that, since the Miocene, two main tectonic phases have affected Northwest Vietnam. For each of these two phases, the state of stress was transpressive in the northwest and extensive in the Hanoi basin (PHAN TRONG *et al.* 1994). The stress field of phase 1 is compatible with left-lateral shear along the Red River fault zone and with sea floor spreading in the South-China Sea between 35 and 16 Ma. Stress field of phase 2-associated active tectonic features of Vietnam (right-lateral strike-slip along the Red River, N-S compression, E-W extension) probably began in the Pliocene. Several active faults associated with phase 2 are recognized in North-Vietnam from analysis of TM and SPOT satellite images. Among these, two main zones exhibit a relatively fast movement: the Red River fault zone and the Dien Bien Phu fault (LACASSIN *et al.* 1994; PHAN TRONG *et al.* 1994, 1995) (fig. 2).

In North Vietnam, the Red River fault zone splays into two major active fault branches. The Red River branch, which represents the limit of SW of the metamorphic massif of Day Nui Con Voi, follows the Red River valley. The Song Chay River branch, very clear on LANDSAT and SPOT images and in its geomorphology, is located NE of Day Nui Con Voi. Towards the SE, the Red River itself splays into several faults. The two major ones are located NE and SW of the Red River. Right lateral strike-slip offsets of these faults are determined by analysing tributaries, stream channels, Quaternary alluvial fans and river valleys on LANDSAT and SPOT images, on detailed topographical maps, and by field observations. The fresh geomorphologic appearance of the faults, under these intensely erosive conditions, demonstrates that these faults are very active. Along the SW fault of the Red River, right lateral offsets of stream channels range between 220 and 700 m (mean offset 313 m). Drainage offsets ( $358 \pm 109$  m) are found on the NE branch. Geomorphology and topographical offset suggest that these strike-slip movements are combined with normal slip. Along the Song Chay branch, right lateral offsets of rivers range between 250 and 1000 m (mean value 566 m). Towards the Southeast, the Red River fault branch splits up into several faults. One of them bends towards Hoa Binh, striking N-S. The kinematics of this fault change from right lateral strike-slip to normal dip slip to form the Quaternary Hoa Binh graben (PHAN TRONG 1995). Clear evidence of the active strike-slip movement is also found on the conjugate Dien Bien Phu fault. The measured left lateral offsets of tributaries, river and drainage channels range between 270 and 790 m. The rapid uplift of the Fansipan massif can explain the displacement of some normal fault segments striking NW-SE and NNW-SSE. On the side of the Red River fault zone, a SW dipping normal fault striking NW-SE (parallel to the Red River fault zone) is clearly observed in TM and SPOT images. In the field, triangular facets of the escarpment following the SW Tam Dao massif indicate typical dip slip displacement. In Northeastern Vietnam, the Cao Bang Tien Yen fault is recognized as a right lateral strike-slip fault. This



**LEGEND**



a. Main fault  
b. Small fault



a. Defined fault  
b. Undefined fault



a. Normal fault  
b. Inverse fault

Fig. 2. — Active faults in North Vietnam and area of detailed study.

fault terminates in the Bac Bo gulf. The islands to the NE side of the fault can be considered as the recent anticline resulted from the termination of the right lateral fault. The Mau Son massif, more than 2,000 m high, is located beside the Cao Bang-Tien Yen fault may be considered a Quaternary anticline, striking

E-W. The uplift of the Yen Tu massif, striking E-W and bounded by two faults, results from the N-S compression. To identify the young faults, we have used the method of remote sensing, geological and geomorphographic observations. The satellite Landsat and Spot images, aerophotographs and 1:50,000 scale topographic maps had been used to identify the position and geometry of the faults. In the Yunnan region, the Red River fault appears as a straight line going from Mindu to the Sino-Vietnamese border. They separate into two branches: one branch following along The Red River valley, right lateral displacement, the other branch appears as an normal fault (ALLEN *et al.* 1984). The right lateral displacement of the Red River fault zone was estimated at 3-8 mm/yr (ALLEN *et al.* 1984). Although the Red River fault stretch from Mindu to the Sino-Vietnamese border has been clearly seen in terms of geomorphology, however over the past several hundred years, there has not been any earthquake, thus causing two possibilities. The first one: the Red River fault has been sliding in Crip form, where the deformation has only concentrated along the fault, the sliding friction has been small, and the energy has not accumulated. That is why earthquake has not occurred. The second one: the fault has been locked at the current time, the strain has been accumulated along the fault, but slip in the area adjacent to the fault has not been significant. In this case, potential big earthquakes could occur along the fault.

On Vietnamese territory near Lao Cai Province, the Red River fault zone splits into two main faults surrounding two sides of the metamorphic Con Voi Mountain range, and are called Red River fault Zone and Chay River fault zone. The Chay River fault follows the NE side of the metamorphic range, stretching into a straight line linking Lao Cai and Viet Tri. On the satellite Landsat and Spot images, the fault is clear (PHAN TRONG 1995, PHAN TRONG *et al.* 2002a). The green spectrum means that humidity here is higher than that of the surrounding areas. Geomorphologic observations in the field showed that the fault follows along a narrow valley which is observed as a V-shape. The Chay River fault is clearly presented in the Luc Yen region. Analysing the deviation across the fault of the stream network, we can suggest that the offset of the right lateral displacement of the stream is 150-700 m, average offset is 150 m. This offset varies depending on the size of the stream that is cut across by the fault. The older the stream, the higher the offset is (fig. 3).

The Chay River fault is following along the SW border of the Thac Ba hydro-power reservoir. The line shape of the fault is easily identified on satellite images as well as by field observations. Attention should be paid to the fact that the Chay River fault cuts across the dam no. 9 of the Thac Ba Reservoir. The dam no. 9 is located 1 km far from the main dam to southwest. From the dam no. 9 up to the Viet Tri town the Chay River fault is clearly presented in topography stretching along a narrow valley and also is clearly presented in Spot images.

The Red River active fault is running along the SW side of the metamorphic belt of Day Nui Con Voi matching with the Red River fault traditionally

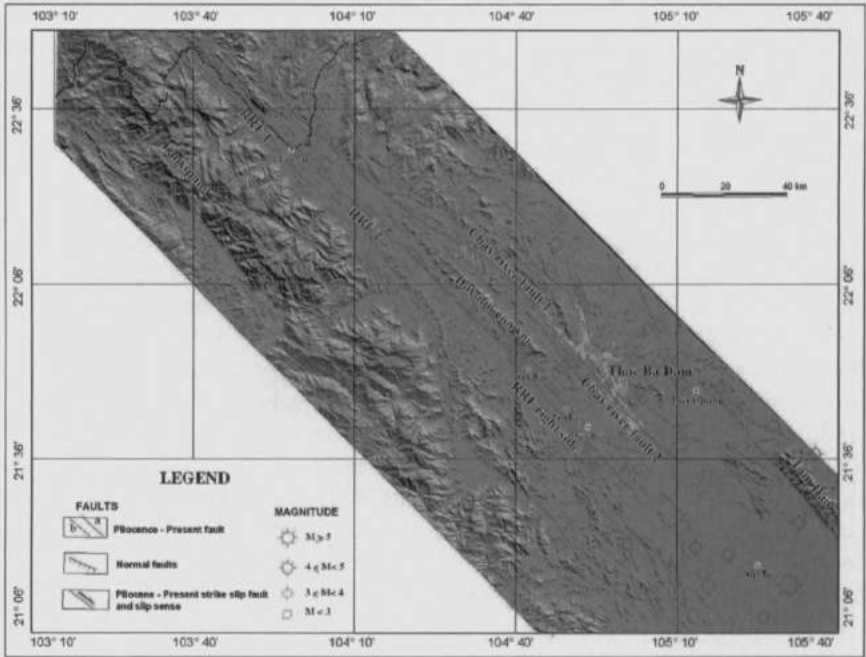


Fig. 3. — Active fault segments along Red River faults and Chay River fault.

described in the geologic documents. On Landsat images, it is presented as a unique fault running along the Red River valley. However, detailed analyses demonstrated that the Red River actual fault is presented by two main faults running along both right and left sides the Red River. They are not continuously prolonging but divided into individual stretches.

In Lao Cai, the left side fault is presented clearly on aerophotographs as plane slip fault. The right shore fault is divided into many levels composing of small faults having sign of dip slip displacement.

In Bao ha area, offset of right slip of streams could be identified as oscillating between 150 and 250 m along the Red River left shore fault, while the right side fault is divided into many short fault segments. At the Red River left shore, sign of critical sliding was observed (fig. 4).



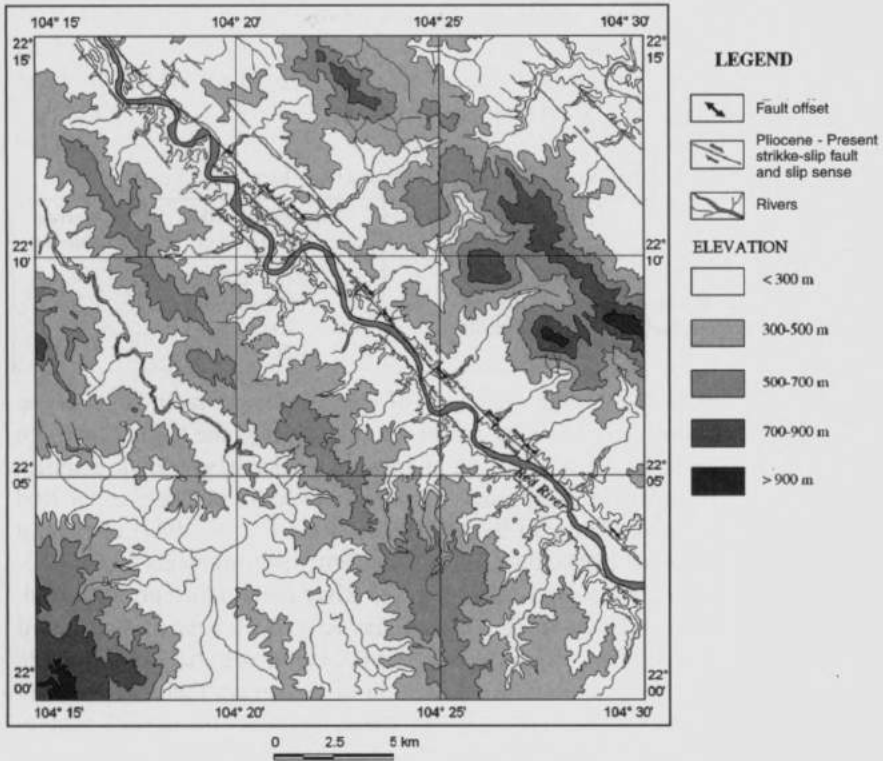


Fig. 4. — Right lateral offset of drainages along the Red River fault show at the same time sense of active movement and amplitude of displacement along active faults.

In Yen Bai area, two main faults are divided into many smaller faults. Faults along the Red River right side appear relatively clearly. The slip rate is difficult to identify. The Red River fault branches could also be observed in Phu Tho area. They are continued to be divided into smaller stretches, and continued to prolong toward the Red River delta. It is noteworthy that the fault branch bends over, gradually turning toward SN direction, stretching to Hoa Binh Town. Other branches continue to go toward NW-SE. In Dam Mo-Ngai Son region, sign of young fault is still observed.

Beside the Red River fault system comprising Red River fault and Chay River fault, Lo River fault is located at the NE of the Red River fault zone. Lo River fault parallels the Red River fault system. The Lo River fault mainly appears as right strike-slip, in Tuyen Quang area. The offset is reflected in the deviation of 2.5 km of Lo River at the place where the fault cuts across Lo River. But, along the SW side of Tam Dao Mountain, the fault mainly appears as a normal fault. Triangle facets appeared clearly both on satellite images and field observations.

Table 1 presents offsets received from the mapping and measurement of river-stream network where the fault cuts across. The minimum strike-slip offset relates to streamlets, while the maximum strike-slip offset relates to large streams with lengths of several tens kilometers.

**Table 1**  
Strike-slip offset of Red River faults and Chay River faults

Fault name	Minimum strike-slip offset (m)	Maximum strike-slip offset (m)	Average value (m)
Chay River fault	220 ± 40	2,000 ± 50	560
Red River left side fault	170 ± 40	450 ± 50	360
Red River right side fault	150 ± 40	700 ± 50	300
Lo River fault		2,500 ± 50	

An important problem is the evaluation of the slip rates of main faults of the Red River fault zone. The difficulty is that we neither know the topographic age nor the age of the river-stream network. In previous works, based on the assumption of the age of rivers, streams, some authors estimated the slip rates of the Red River fault in Yunnan, China, to be 3-8 mm/yr (ALLEN *et al.* 1984) or several mm/yr (LACASSIN *et al.* 1994). Based on the geodetic measurements from 1960-1980, geodesists evaluated slip rates of the Red River fault in the current period. The strike-slip rate of the whole Red River-Chay River fault zone was evaluated at about 23 mm/yr or deformation rate of  $1.2 \pm 0.2$  rad/yr with respect to the rate of  $12 \pm 2$  mm/yr, along the distance of 10 km of both main faults of Red and Chay Rivers (DUONG CHI CONG *et al.* 1994). Based on the results of GPS supplement measurements, having used previous geodetic measurements, the slip rate was evaluated, with 95 % probability, not over 0.6 rad/yr with respect to slip rate of 6 mm/yr along the distance of 10 km (DUONG CHI CONG & FEIGLE 1999). It is noteworthy that all the values of evaluated deformation rates fell within the range of error. This explains the reason why the results of geodetic measurements were quite different, although the data are used from the same sources.

In order to evaluate the average slip rate of the fault in the late Quaternary, we tried to evaluate the two following scenarios. These scenarios were based on the two methods of estimation of river-stream network age within the region.

- Scenario 1: the age of small streamlets would be able to estimate if the streamlet development rate over the time were known. However, there was no study on the rate of streamlet development in our surveyed region. Therefore, we had to use data calculated for the stream system in California, at least 100 mm/yr, and add 50 % of its value, taking the conditions of the tropical humid area into account, thus getting the figure of 100-150 mm/yr. After having measured the length of the stream where the fault cuts across, using the above-mentioned figure, we estimated the age of the stream, then calculated the fault slip rate. Results of calculation are presented in table 2.
- Scenario 2: as the studied area is at an altitude of less than 100 m, it was strongly impacted by the change of the sea level. Any global change can

influence on the development of river-stream network in the region. According to the regional research documents, Vietnam in particular, and Southeast Asia in general, all suffered from the influences of the cycles of glaciation such as Wum Glacial Cycle which occurred 12,000-18,000 years ago. If assuming that the streamlets were formed during the Wum glacial cycle, we identified the strike-slip rates of faults (tab. 3).

**Table 2**  
Evaluated average strike-slip rates of faults (scenario 1)

Fault name	Average rate (mm/yr)
Chay River fault	2.5 ± 1.5
Red River left bank fault	4.0 ± 1.8
Red River right bank fault	1.7 ± 1.5

Before the Wum Glacial Cycle, Southeast Asia was under strong impacts of Riss Glacial Cycle. If assuming that the streamlets network was formed after the Riss Glacial Cycle which occurred 55,000-150,000 years ago, we estimated fault slip rates (tab. 4). To compare the results from scenario 1 and those of table 4, we see that basically the figures match with each other, among them, the strike-slip rate of the Chay River fault and Red River right side fault calculated following scenario 1 were smaller than the respective values given in table 4 (following scenario 2), while the slip rate of the Red River left side fault is bigger.

**Table 3**  
Average fault slip rates, based on scenario 2 (12,000-18,000 years ago)

Fault name	Average sliding rate (mm/yr)
Chay River fault	15.5 ± 5.5
Red River left side fault	12.4 ± 5.2
Red River right side fault	11.0 ± 4.9

**Table 4**  
Average strike-slip rates, based on scenario 2 (55,000-150,000 years ago)

Fault name	Average sliding rate (mm/yr)
Chay River fault	2.9 ± 1.7
Red River left side fault	2.3 ± 1.5
Red River right side fault	2.1 ± 1.5

It is obvious that results given in tables 3 and 4 were quite different. Therefore, we must choose one of the two. We incline to the estimates given in table 4 (scenario 2), based on the following reasons:

- Wum Glacial Cycle happened in a short period of time, while the Riss Glacial Cycle had occurred in a longer period, thus having greater impact on the development of river-stream network;

- Estimates on strike-slip rates given in table 4 (scenario 2) are compatible with results identified by scenario 1;
- Estimates given in table 4 quite agree with the respective estimates of the average slip rates in Quaternary-Pliocene while estimates given in table 3 were many times bigger than the average values in Quaternary Pliocene;
- Estimates given in table 4 much more agreed with the respective average strike-slip rates given by the geodetic measurements.

A fault is referred to be an active fault if it is showed by clear signs on satellite images, aerial photos. We also checked at outcrop points, in trenching sites to identify facets, stream offsets. In Lao Cai-Yen Bai area, RRF is not a continuous but separate into different-length fault segments. Digital elevation modeling suggests that the active fault is represented along Red River valley. However, analysing satellite images and geomorphologic observation in detail indicated that the Red River active fault is subdivided into two smaller faults locating to the left and right side. They do not extend continuously but segmented into some discrete units. We defined two seismogenic segments (RR1 segment and RR2 segment), both of them are possible to generate earthquakes and they are used to estimate maximum earthquake. RR2 is represented distinctly on satellite images, aerial photos and DEM. It extends 10 km long from Pho Lu to Cam Duong. It is confirmed to be a strike-slip fault. Basing on Quaternary stream sedimental displacements, the offset of dextral strike-slip is 150-250 m. To the right, RR2 segment is a zone of many smaller subsidiary faults. The RR1 segment initiates from NW Lao Cai and runs along Red River. This segment is 11.94 km long and the amount of displacement is about 150 m (Sinh Quyen copper deposit, and 3 km NW of Trinh Tuong). Along Ngoi Hut and Ngoi Thia, some subsidiary segments of Red River fault to the right have both vertical displacement and horizontal strike-slip components. Segments to the left are relatively unclear. In Yen Bai, the Red River fault is also manifested by some similar small segments. Segments to the right bank are more apparent than the left. Nonetheless, the displacement offset is difficult to estimate. The Red River fault continues to branch off into smaller segments when it reaches Red River delta. The active Chay River fault is located NE of the Con Voi range and stretches linearly from Lao Cai to Viet Tri. On Landsat and Spot images, the fault is a sharply green narrow band characterizing strong fault raptures with higher moisture than the surrounding area. In the field, Chay River fault is situated in a narrow valley raptures of V-shape. There cannot be distinguished elevation differences between two fault walls as well as features of vertical displacement in the Chay River fault. Along the fault it could be referred to be a strike-slip fault composed of two main segments (CR1 and CR2 segments) (fig. 3). CR1 segment has a length of 17.74 km exposed in Luc Yen. Along SW edge of Thac Ba hydropower reservoir, it is prominently expressed on satellite images, topographic map and in the field. The CR2 segment is 51.36 km long. From Ha Noi-Yen Bai road, turning to Thac Ba road we found out a lot of elements proving existence of small shear zones in gneisses. These shear zones

cause shearing and displacing gneiss weathering layers. Fault in this area manifested by flower structures, which could be formed in compressive tectonics. In the field, we observed shear zones in weathered sediments, direction of shear zones coinciding with RRF direction (300-330°). The width of shear zones varies from some centimetres in Yen Bai bridgehead to ten metres in Lao Cai new residential area.

Similar active shear zones are also exposed in some other areas along the Red River fault and CR fault. In SW bank these shear zone types are quite common. For example, in Yen Bai bridgehead (road from Yen Bai to Nghia Lo) active shear zones left well-persevered features in Neogene thin sandstones and gravestones. Their fault plane has a dip angle of 85° and azimuth of 225° and slickenside in siltstones have rake of 25° and azimuth of 135°. In Lao Cai City, we recognized many shear zones developed in Neogene sediments as well as altered layers (fig. 5).



Fig. 5. — Active fault observed in weathering cover of Neocene sediments, 6 km SE of Laocai city.

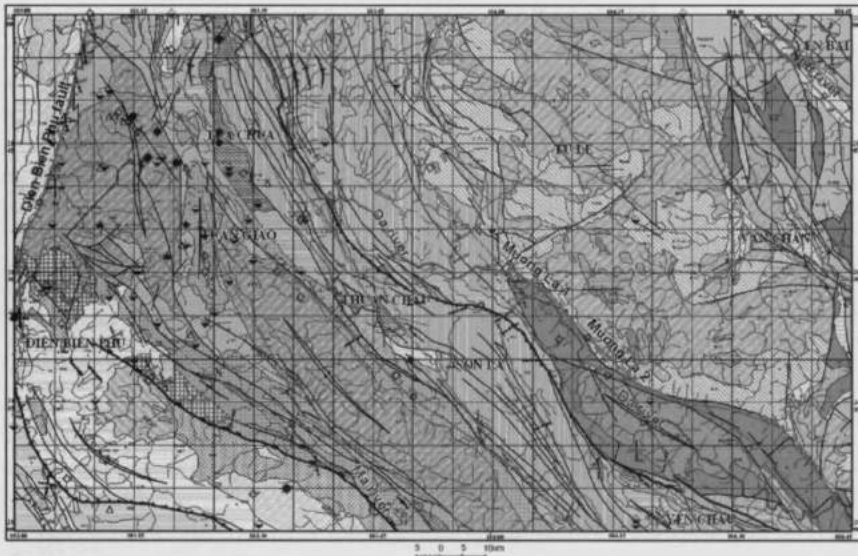
At 6 km SE of Lao Cai centre, a shear zone 1.2-2 m wide and hundred metres long is cross-cut and causes displacing Neogene sandstones and gravestones and its ten metres weathered layers. Fault planes have azimuth of 270°, dip angle of 70-75°, slickenside have azimuth of 140° and rake of 20-25°. Remarkably silted

materials were compressively foliated (azimuth  $320^{\circ}$ ) and segmented by sub-  
altitude shear cracks. This shear system is dextral strike-slip (fig. 6).



Fig. 6. — Slickenside on active fault observed in weathering cover of Neocene sediments, 6 km SE of Lao Cai city.

These systems are also commonly developed in some other areas to the right bank of Red River such as Bao Yen, some sites between Pho Rang and Cam Duong and some other sites between Bat Xat and Amuxung. Along road no. 70, in Khanh Hoa commune (Bao Thang-Lao Cai), one can observe a similar shear zone of direction  $300^{\circ}$ , greater than 15 metres long exposed from grey, dark-grey porous altered materials of Neogene formations that are foliated and oriented coinciding fault direction. A similar phenomenon is also observed in 40-60 cm-thick weathering Neogene gravestones at Pho Rang domain. In other sites of RRFZ, many modern shear zones differentiated by their size and orientation left slickenside in silt-clay or iron-gel layers with dextral or sinistral strike-slip components matching with strike-slip mechanism of the overall RRFZ. The boundary between Neogene formations and recent terraces are cropped prominently out in An Lac (Bac Cuong-Lao Cai). There are two tensile crack systems related to prehistoric earthquakes, which are well retained. Their azimuths are  $275^{\circ}$  and the amount of normal strike-slip displacement is 2-4 cm. These numbers are concordant with the one of fault planes of RRF but the amount of displacement is much smaller than the one of RRF (30-45 cm). The first system is filled with



LEGEND

- |   |   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Neogene - Quaternary pebble, gravel, clay, soil, coal</li> <li><b>TU LE ZONE</b></li> <li>Paleogene granite - sienite</li> <li>Paleogene rhyolite porphyre, trachyte, tuff, sandstone, bazalt...</li> <li>Cretaceous gabbro</li> <li>Aphyric basalt, plagiobasalt, trachybasalt, andesitobasalt...</li> <li>Jurassic - Cretaceous</li> <li><b>DA RIVER ZONE</b></li> <li>Triassic sandstone, clay shale, siltstone, coaly shale, ...</li> <li>Triassic grey clay shale, interbedded with clayey limestone...</li> <li>Triassic basalt and their tuffs, rhyolite,</li> <li>Permian limestone, cherty limestone, chert, lim...</li> <li>Carboniferous - Permian limestone, conglomerate, sandstone,</li> <li>Devonian grey limestone, clayey limestone....</li> <li><b>MA RIVER ZONE</b></li> <li>Permian - Triassic granite, granite - sienite....</li> <li>Carboniferous - Permian limestone, conglomerate, sandstone....</li> <li>Devonian limestone, grey limestone</li> <li>Ordovician - Devonian quartzite, sandstone, clayish limestone,</li> <li>Paleozoic plagiogranite</li> <li>Cambrian meta - basalt, metasiltite....</li> <li>Proterozoic - Cambrian quartz - biotite - sillimanite garnet....</li> <li><b>SAMNUA - PHUHOAT ZONE</b></li> <li>Triassic - Jurassic terrigenous formation</li> <li>Triassic terrigenous formation</li> <li>Triassic granitoid formation</li> <li>Permian - Triassic formation</li> <li>Carboniferous - Permian terrigenous formation</li> <li>Silurian - Devonian terrigenous formation</li> <li>Proterozoic - Cambrian terrigenous - eruptive metamorphic</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li><b>RED RIVER ZONE</b></li> <li>Devonian, Ordovician - Silurian terrigenous - carbonate</li> <li>Pz-Cambrian terrigenous carbonate-phosphorite formation</li> <li>Pz terrigenous plagiogneiss, granitogneiss-plagiogneiss</li> <li>Proterozoic plagiogranite formation</li> <li>Proterozoic meta terrigenous, metamophite formation</li> <li>Proterozoic meta terrigenous eruptive formation</li> <li><b>FAULTS</b></li> <li>Pliocene - Present fault</li> <li>Before Pliocene fault</li> <li>Regional fault</li> <li>Normal fault</li> <li>Inverse fault</li> <li>Pliocene - Present strike slip fault and sense of slip</li> <li><b>REGIONAL STATE OF STRESS</b></li> <li>Compressive state of stress</li> <li>a. Pliocene - Present, b. Before Pliocene</li> <li>Strike-slip state of stress</li> <li>a. Pliocene - Present, b. Before Pliocene</li> <li>Extensive state of stress</li> <li>a. Pliocene - Present, b. Before Pliocene</li> <li>Anticlinal      Synclinal</li> <li><b>EARTHQUAKE EPICENTER</b></li> <li>6.0&lt;M&lt;6.9</li> <li>5.0&lt;M&lt;5.9</li> <li>4.0&lt;M&lt;4.9</li> <li>0&lt;M&lt;3.9</li> </ul> |
|---|---|

Fig. 7. — Seismotectonic map of Son La hydropower dam area.

light grey soft fine materials. The second is filled with reddish brown materials of modern depositions. The material compositions of these shear zones are relatively porous-plastic and there are iron-gel layers. Whether it is correlated displacing of the RRFZ with age of weathering crushes developing in Neogene formations, some above signs seem to be much younger. In some site to the SW, subatitute, NW-SE tensional crack systems having amount of 2-5 cm normal strike-slip displacement are also filled with soils and terrace materials (upper

part of weathering). They could be cracks related seismically to the fault zones.

In the northwest area, the Phong Tho-Nam Pia fault is bounded regionally by the Tule volcanic zone and the Da river zone. This fault is developed as an active normal fault. Triangular facets dipping towards the southwest are recognized clearly in SPOT images and digital elevation models. On the topographic map, the height of the triangle reaches 300-500 m. The fault changes direction from NW-SE to a sub-meridian direction on the western side of the Tule volcano zone. The slip rate of sub-meridian trending fault is not clearly manifested. In the segment from Muong La to Bac Yen, the fault changes again, to trend NW-SE. Extensional activity on the fault is manifested in this segment: the fault is divided into two segments, called segments Muong La 1 and Muong La 2. From Bac Yen to Phu Yen, the fault changes its direction. The nature of this fault segment changes mainly into right lateral strike-slip (fig. 7).

To estimate slip fault rate, we based on the following events: metamorphic and slip-shear zones in the Ye Yen Sun granite have ages of 23 million years and a formation depth of at least 4-10 km. In order to reach the present-day topographic height (3 km) it must have been uplifted 7-13 km. The present surface thus is not a trace of a Palaeocene surface, but only one of a late Miocene surface. The time interval from 15 to 5 million years can be seen as sufficient to allow the formation of a relatively smooth surface due to accumulation of fine material containing coal in Hang Mon. The highest peaks on the present topographical surface are traces of surfaces existing just before the Pliocene. The Red River metamorphic zone, Hoang Lien Son zone and Tule volcano zone, showed strong uplift from Pliocene to present. The Da river zone was also uplifted, but at a lower rate. The strongest uplift is represented by the Fanxipang mountain region, with average uplift rates of about 1.4-2.6 mm/yr from the Pliocene up to now (uplift amplitude is 7-13 km within 5 million years). In a similar way, the average height of 2,000 m reached in the Tu Le zone was also caused by uplift during this time with a rate of 0.93-1.73 mm/yr, with the peak of average height of 900 m in the Da River zone showing an average uplift rate of 0.4-0.8 mm/yr. From this, the relative displacement rate between the Da river zone and Tule volcano block can be calculated with 0.53-0.93 mm/yr. In order to determine the relative displacement rate of both Tu Le and Da River zones through the Phong Tho fault, attention should be paid to the block displacement of the two main zones through the main Phong Tho-Nam Pia fault zone. Rectifying vaulted displacement and that caused by other small faults in the zone with 1/3 of total displacement amplitude, we estimated the average uplift rate of the northwest part relative to the southwest wing as 0.35-0.62 mm/yr for the Phong Tho-Nam Pia fault from the Pliocene up to now. In order to estimate the slip rate of the Phong Tho-Nam Pia fault for a shorter time interval, we have used two other approaches. The first uses SPOT images, geomorphologic and geological documents, and the second is based on geodetic measuring data over twenty years. The triangle facets are clearly observed on SPOT images. The difference in amplitude



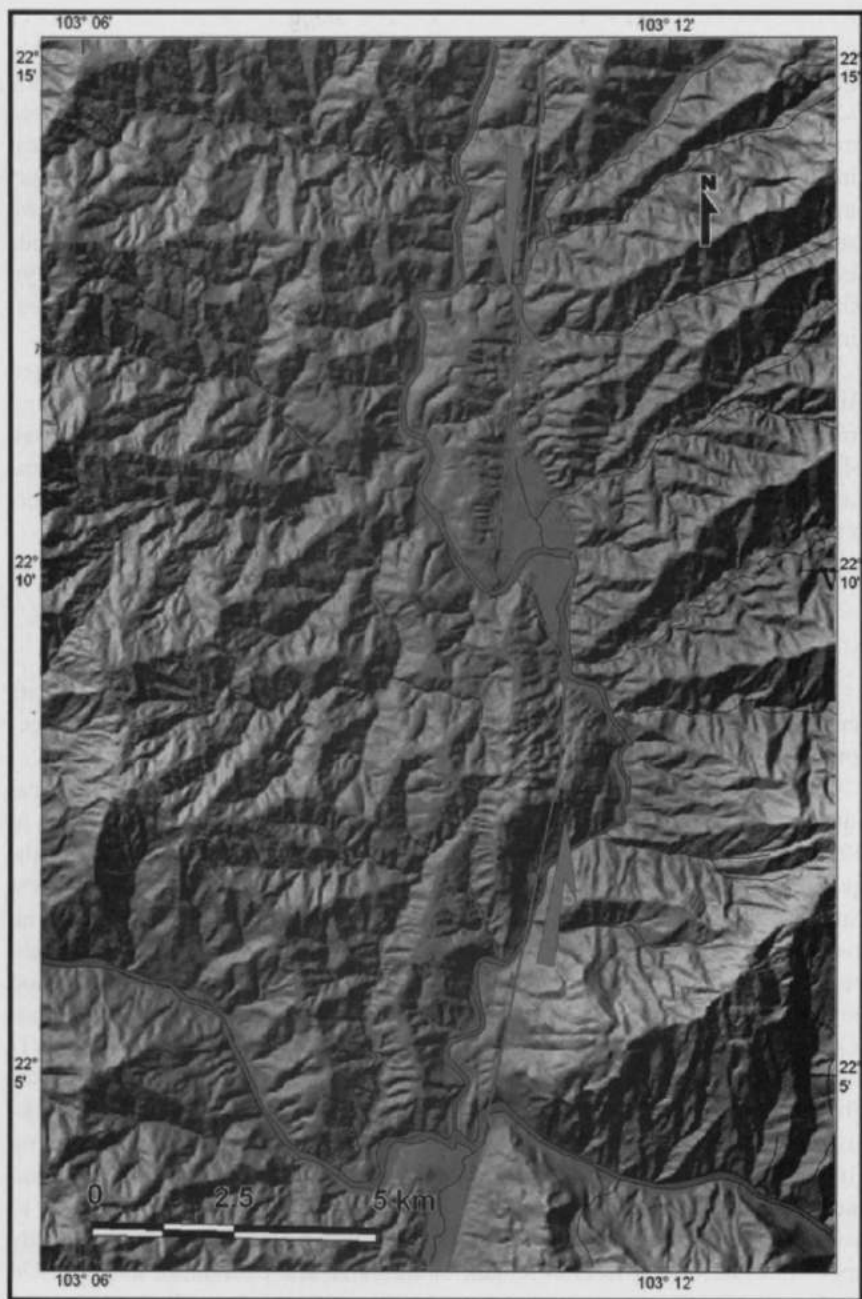


Fig. 8. — Left-lateral strike-slip offsets of the Dien bien fault determined by analysing pull-apart structure from ASTER images.

between two fault sites is 300 m (for the clearest triangular facets) and 500 m (for less clear triangular facets). If we assume that the present surface is of early Quaternary age (1 million years), we can estimate the displacement as 0.3-0.5 mm/yr. If this surface is related to the process of forming the present topographical surface, related to the Wurm glacial cycle of 10,000 years age, we estimate the rate at 35 mm/yr. It may be more reasonable to assume that the surface difference of 500 m corresponds to the early Quaternary, in which case we can estimate the rate as 0.5 mm/yr, and the surface difference of 300 corresponds to the surface 100 000 years ago, in which case slip rate is estimated at 3 mm/yr. Therefore, the average displacement rate of the Phong Tho-Nam Pia fault estimated on the basis of geomorphology is about 0.5-3 mm/yr.

Clear evidence of the active strike-slip movement is also found on the Dien Bien fault. Left lateral strike-slip offsets of the fault are determined by analysing tributaries, stream channels, Quaternary alluvial fans, river valley from Landsat, SPOT and ASTER images, detailed topographical maps and field observations. Left-lateral offsets of river rang between 270 and 790 m. The offset is also determined from analysis of pull-apart structure (fig. 8).

### Seismotectonics and Earthquake Evaluation

Basing on the study of active tectonics, we determined active fault segments and estimated maximum earthquake by using different methods of seismotectonics.

Although RRF is sharply in topography. Earthquake data of Seismological International Center from 1913 to 1999, China earthquake catalogue (prior to 1999) and Viet Nam earthquake catalogue (prior to 2003) recorded no earthquake greater than 5.5 in RRFZ and adjacent area. Accordingly, the greatest earthquake belonging to RRFZ in Viet Nam is an event in 1285 in Ha Noi and an event in 1984 in Luc Yen (M 5.5). This is an open question whether those should be of maximum magnitude or whether it should be an interseismic period between two peaks of earthquake cycles. On the basis of geomorphologic studies in Yunnan province, ALLEN *et al.* (1984) proved that a great earthquake of 8.1-8.3 or so occurred in this region. He estimated recurrence interval between two great earthquakes to be 1,000 years. LACASSIN *et al.* (1994) based on field works and concluded maximum earthquake could be 7.5 in Viet Nam territory. Using Gumbel extreme theory, Nguyen Dinh Xuyen *et al.* estimated limitation of magnitude 6.1. In this study, we used seismogenic segments as represented above to assess maximum earthquake by seismotectonic methods, integrating many approaches according to fault length, rupture area and earthquake moment. On earthquake moment approach, the amount of maximum displacement is unknown. Nonetheless, it could be estimated by a continuous approximate solution deduced by a formula of maximum displacement according to WELL &

COPPERSMITH (1994). We assigned coefficient to one for fault length approach, to two for rupture area approach, to three for earthquake moment approach. Earthquake moment approach plays an important ratio of about 50 % for overall method because it contains the highest physical senses. Calculating is a repeated process. In the first step, the amount of maximum displacement is evaluated basing on data acquired from assessing maximum earthquake according to different approaches, from which the estimation of earthquake moment; after meaning main numbers and normalizing errors, the amount is deduced from Well and Coppersmith's formula. In the second step, from maximum earthquake moment, maximum earthquake magnitude is determined and this process is repeatedly operated until acquired results are stable. Calculating showed that the acquired results have very little difference. We show an example of calculation of maximum earthquake, displacement and rate for CR fault, segment 2 (CR2) in table 5. The estimations of earthquake for four fault segments (RR1, RR2, CR1, CR2) are represented in table 6.

**Table 5**  
Results of maximum earthquake magnitude for CR 2

Magnitude by using SLEMMONS (1982) method for fault length:	6.9
Magnitude by using WELL & COPPERSMITH (1994) method for fault length:	7.1
Magnitude by using WELL & COPPERSMITH (1994) method for rapture area:	6.9
Magnitude by using WYSS (1979) method for rapture area:	7.0
Magnitude by using Woodward-Clyde (1983) method for rapture area:	7.0
Magnitude by using HANKS & KANAMORI (1979)method for moment earthquake:	6.9
Displacement (m) by using SLEMMONS (1982) method:	0.83
Rate (mm/y) by using Woodward-Clyde (1983) method:	0.67
Maximum displacement (m) by using WELL & COPPERSMITH (1994) method:	1.27
Average displacement (m) by using WELL & COPPERSMITH (1994) method:	0.82

\* Length (km): 51.36; width (km): 15.00; dip angle: 90; displacement (m): 1.27; sense of slip: strike-slip.

**Table 6**  
Input data and maximum earthquake for active fault segments along Red River and Chay River

Fault name	Length (km)	Width (km)	Dip angle	Maximum displacement (m)	Sense of slip	Maximum Magnitude
RR 1	10.17	10	90	0.15	strike-slip	6.2
RR 2	11.94	10	90	0.18	strike-slip	6.3
CR 1	17.74	12	90	0.33	strike-slip	6.5
CR 2	51.36	15	90	1.27	strike-slip	7.0

The result table indicates input results gained from latest calculating in order of (left to right) fault length, fault depth, fault dip, and amount of maximum displacement and sense of displacement. For example, in table of CR2 maximum earthquake assessment, fault length is gained from topographic map, dip angle 90° (because of strike-slip fault), the amount 0.15 m (acquired from repeated calculating), sense of displacement 2 (in convention normal fault 1, strike-slip 2,

reverse 3). The final results indicate that RRFZ in Lao Cai-Yen Bai area have maximum earthquake magnitude from 6.2 to 7.0 depending on different regions. These results are in accordance with earlier results. In spite of no earthquake reaching to this number recorded over the last 1,000 years, the result is still remarkable. So, in building we should refer to this number and it is imperative to keep on studying this problem.

The method used in this study is that of SLEMMONS (1977), while Well-Coppersmith & Slemmons method was used for the first time in Vietnam in UNDP's Project for assessment of earthquake hazard for the Hoa Binh dam (WINTER *et al.* 1994). In our study, the methods used to calculate maximum magnitude based on the fault surface area are from WELL & COPPERSMITH (1994), WYSS (1979), WOODWARD-CLYDE (1983) and especially by calculating a maximum credible earthquake from the earthquake moment (HANKS & KANAMORI 1979). To combine the various methods, we took the average value by weight number, whereby the method based on earthquake moment applies coefficient 3, the method based on fault surface area uses coefficient 2, and methods based on destroyed fault length employ coefficient 1. In order to get an average value, the method based on earthquake moment is used (coefficient 3), due to its highest confidence. To evaluate seismic hazard in the Son La hydropower dam area, we focused on the fault systems with considerable size and closeness to the dam. The fault length is measured from SPOT images and controlled by geophysical and geomorphologic measurements in the field. The Phong Tho-Nam Pia slip fault-right lateral trust stretches from Phong Tho in the west to Phu Yen in the northwest. This fault zone is divided into many fault segments with different activity levels. In the Son La hydropower dam area, the fault segment Muong La 1 stretches 10 km, and the fault segment Muong La 2 stretches 30 km. The shortest distance from section Muong La 1 to Pa Vinh dam is 4.4 km and to Ta Bu dam 4.2 km. The fault dip is determined as  $75^\circ$ , thanks to observations of schistosity surfaces related to the fault. The fault depth cannot be determined correctly. To calculate a maximum credible earthquake magnitude, the fault depth can be estimated in two ways. The first is based on seismic characteristics in the area and along the fault zone. In general, the focal depths in the area vary between 10 and 20 km. The second is based on the change in mechanical characteristics of Earth's crust with depth. Normally, the focal depth does not exceed two thirds of the length of the fault on the surface. Therefore, it is assumed that the maximum depth of a possible earthquake for section Muong La 1 is 10 km. The segment Muong La 2, belonging to the Phong Tho-Nam Pia fault, is of 30 km in length, the depth is estimated at 15 km, its dip is  $75^\circ$  to the southwest. The shortest distance from this fault segment to Pa Vinh is 17 km, and to Ta Bu 10 km. Because the fault segment Muong La 1 is very close to Pa Vinh and Ta Bu dams, the exact determination of its size is very important in forecasting earthquake intensities to be expected. Therefore, a series of specialized measurements involving seismology, electricity and nuclear trace detectors have been carried out near the end of

the fault segment. This should be helpful to determine the exact extent of the fault segment Muong La 1. The location of the cross-section for this investigation is decided on the base of SPOT image analysis. Fault length, fault dip and nature of displacement are the main parameters used for the estimation of the maximum earthquake magnitude. Table 7 presents the maximum earthquake estimated for Sonla hydropower dam region.

**Table 7**  
MCE at Hoa Binh dam estimated from fault segments Hoa Binh 1 and Hoa Binh 2

Fault Segment	Length (km)	Depth (km)	Dip	Characteries	Magnitude (MCE)
HB1 4.0	6.0	75°	Normal	5.6	
HB2 8.4	6.0	70°	Normal	6.1	

In Hoa Binh hydropower dam area, three N-S-trending segments next to HB dam root which generate a nearly vertical-flank graben. In some sites, the graben is 2.5 km wide filled with alluvial-proluvial deposits up to 70 m thick. The fault segment at the east flank is 8.4 km long and the one segment is 4 km long to the west. Distance between the latter and the dam is only 0.3-2.5 km. Diverging movement of the segments can clearly be observed on Spot, Landsat image, DEM and in the field. This movement is characterized by triangular facets. We identified fault systems which are potential to generate earthquake and could cause direct damages to Hoa Binh dam, that is the sub-meridian fault system which is broadly well developed. They also consist of segments focusing on the central part of the east and west flanks of Hoa Binh-Bat Bat graben, on Kim Boi dome and on Tu Ly arc-uplifting massif. Excepting faults controlling Hoa Binh-Bat Bat are more than 10 km long, other faults often are less than 10 km long. On each flank of Hoa Binh-Bat Bat graben, the normal fault surfaces are nearly vertical, dipped to the graben centre and each fault coincides with some landforms and controls distribution of river terraces and alluvial flat. In general view, all of the regions belong to the SW part of the RRFZ and Quaternary graben and tectonic breccia zones developing next to the RRF with acute angle exhibit right lateral movement. The sub-meridian fault system is distributed along two flanks and controls the structure of Hoa Binh graben. The western branch is more than 4 km long, its fault surface dips to the east. Along this segment, it can be recognized some normal active shear zone which could cause surface crack in this area. The eastern fault branch consists of one segment whose length is about 8.4 km. Along this segment, triangular facets have strongly developed. The fault controls the river flow and stream system according to different base levels. They are represented clearly on satellite images, actual topography through scrap and facets. Remarkably, along some segments at the eastern Hoa Binh depression, we identified a series of triangular facets in Lang Ngoi, Lang Su. These facets have a height of 70-120 m and a foot-side wide of more than 500 m. Hoa Binh graben is filled up with formations of alluvial-colluvial pebble, gravel, sand and a little

of marsh facies at the south of Hoa Binh. Thickness of these sedimental layers vary according to each location, especially 50-60 m in Hoa Binh. In order to assess seismic hazard for Hoa Binh hydropower dam area, we focused on the fault systems with significant size. Sub-meridian fault system is distributed along two flanks. The western fault branch is more than 4 km long, its nearly vertical fault surface dips to the east. The shortest distance from section HB1 to Hoa Binh dam is 0.3 km, the fault dip is determined to 75°. The eastern fault branch is one segment with 8.4 km length. The shortest distance from section HB 2 to Hoa Binh dam is 2,5 km, the fault dip is determined to 70° (fig. 9).

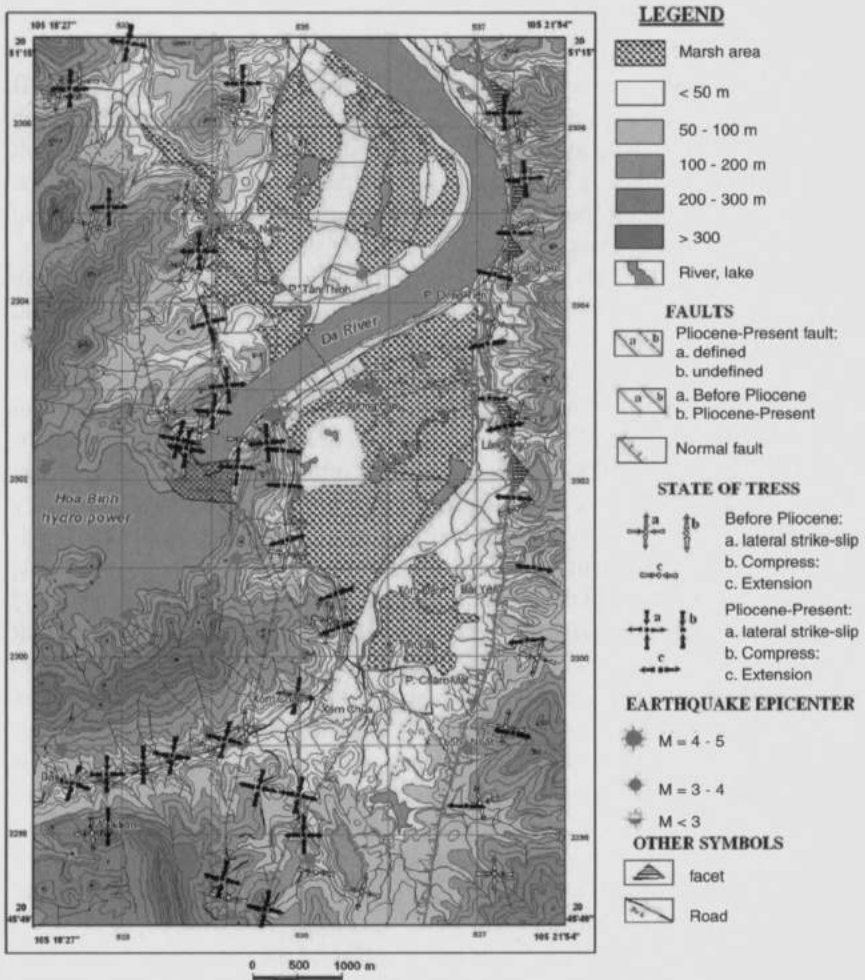


Fig. 9. — Seismotectonic map of Hoa Binh hydropower dam area.

For seismic assessment, we estimated maximum credible earthquake MCE. From MCE and distance from the fault to the dam, we estimated the PGA.

### Conclusion

In North Vietnam, two main zones seem to have a relatively fast movement: the Red River fault zone and Dien Bien Phu fault. Assuming the major phase of incision visible in this area, close to the Red River delta due to the onset of Riss glaciation, we estimated a slip rate of  $1.7 \pm 1.5$  mm/yr for Red River right branch,  $4.0 \pm 1.8$  mm/yr for Red River left branch and  $2.5 \pm 1.5$  mm/yr for Song Chay branch. Using average length of offset channels and a minimum rate of 100 mm/yr for river propagation, slip rates are estimated to be  $2.1 \pm 1.5$  mm/yr for Red River right branch,  $2.3 \pm 1.5$  mm/yr for Red River left branch and  $2.9 \pm 1.7$  mm/yr and for Song Chay branch. Vertical slip rate of Phong tho-Nam Pia fault is estimated at 0.2-0.4 mm/yr for Pliocene-present, 0.5-3 mm/yr for Quaternary-present and 0.6-1.7 for present time. Maximum credible Earthquakes are estimated from combination of various methods: fault segment, fault surface, seismic moment and seismic moment rate. Earthquake assessment is applied for many hydropower sites in Vietnam such as Hoa Binh and Son La and along the Red River. Maximum credible Earthquakes are 5.6-6.1 in Hoa Binh area, 6.2-7.0 along the Red River fault and Chay River fault and 5.2-6.1 in Son la hydropower dam area.

### ACKNOWLEDGEMENTS

We thank Leloup, Lacassin, Winter, Tapponnier, Findlay, Ozer, Hoang Quang Vinh, Zhang, Sugiyama for many discussions and field work. These are the results of project KC-09.11/06-10 and a joint project between Vietnam-Wallonie-Bruxelles. This paper is completed with the assistance of the National Basic Research Programme.

### REFERENCES

- ALLEN, C. R., GILLESPIE, R., HAN YUAN, KERRY, E. S., ZHANG BUCHUN & ZHU CHENGNAN 1984. Red River and associated faults, Yunnan Province, China: Quaternary geology, slip rates, and seismic hazard. — *GSA Bulletin*, **95**(6): 686-700.
- AVOUAC, J. P. & TAPPONNIER, P. 1993. Kinematic model of active deformation in central Asia. — *Geophys. Res. Lett.*, **20**: 895-898.
- BRIAIS, A., PATRIAT, P. & TAPPONNIER, P. 1993. Updated interpretation of magnetic anomalies and seafloor spreading stages in the South China Sea: Implications for the Tertiary tectonics of Southeast Asia. — *J. Geophys. Res.*, **98**: 6299-6328.
- DUONG CHI CONG & FEIGLE, J. 1999. Geodetic measurement of Horizontal Strain across the Red River fault near Thac Ba, Vietnam, 1963-1994. — *Journal of Geodesy*, **73**: 298-310.

- DUONG CHI CONG, FEIGL, K., NGUYEN, T. Y., TRAN, D. T., PHAN TRONG TRINH, PELZER, G., LACASSIN, R., TAPPONNIER, P., DANG, H. V. & TRAN, D. L. 1994. Terrestrial surveying measurement of deformation across the Red river fault near Thac Ba, Vietnam, 1963-1983. — *In: Proceed. Inter. Seis. Haz. South. Asia*, pp. 34-39.
- ENGLAND, P. & HOUSEMAN, G. 1986. Finite strain calculations of continental deformation, 2, Comparison with the India-Asia collision zone. — *J. Geophys. Res.*, **91**: 3664-3676.
- HOUSEMAN, G. & ENGLAND, P. 1993. Crustal thickening versus lateral extrusion in the Indian-Asian continental collision. — *J. Geophys. Res.*, **98**(12): 233-249.
- FINDLAY, R. & PHAN TRONG TRINH 1997. The structural setting of Song Ma region, Vietnam and the Indochina - South China plate boundary problem. — *Gondwana Research*, **1**(1), p. 11-33.
- HANKS, T. C. & KANAMORI, H. 1979. A moment magnitude Scale. — *Journal of Geophysical Research*, **82**: 2981-2987.
- LACASSIN, P., TAPPONNIER, H., LELOUP, P. H., PHAN TRONG TRINH & NGUYEN TRONG YEM 1994. Morphotectonic evidence for active movement along the Red river fault zone. — *In: Proceed. Inter. Seis. Haz. South. Asia*, pp. 66-71.
- LACASSIN R., LELOUP, P. H., PHAN TRONG TRINH & TAPPONNIER, P. 1998. Unconformity of red sandstones in north vietnam: field evidence for Indosinian orogeny in northern Indochina? — *Terra Nova*, **10**(2): 106-111.
- LELOUP, P. H. & KIENAST, J. R. 1993. High temperature metamorphism in a major strike-slip shear zone: The Ailao Shan-Red River (PRC). — *Earth Planet. Sci. Lett.*, **118**: 213-234.
- LELOUP, P. H., HARRISON, T. M., RYERSON, F. J., WENJI, C., LI, Q., TAPPONNIER, P. & LACASSIN, R. 1993. Structural, petrological and thermal evolution of a Tertiary ductile strike-slip shear zone Diancang Shan, Yunnan. — *J. Geophys. Res.*, **98**: 6715-6743.
- LELOUP, P. H., LACASSIN, R., TAPPONNIER, P., SCHARER, U., ZHONG DALAI, LIU XAOHAN, ZHANGSHAN, SHAOCHENG, JI & PHAN TRONG TRINH 1995. The Ailao Shan - Red river shear zone (Yunnan, China), Tertiary transform boundary of Indochina. — *Tectonophysics*, **251**: 3-84.
- LELOUP, P. H., ARNAU, N., LACASSIN, R., KIENAST, J. R., HARRISON, T. M., PHAN TRONG TRINH, REPLUMAZ, A. & TAPPONNIER, P. 2001. New constraints on the structure, thermochronology and timing of the Ailao Shan - Red river shear zone, SE Asia. — *Journal of Geophysical Research*, **106**: 6657-6671.
- PHAN TRONG TRINH 1993. Cenozoic great overthrust in Hoa Binh and its surrounding area. — *J. Geology (Hanoi)*, ser. A, **214-215**: 30-35.
- PHAN TRONG TRINH 1994. Cenozoic stress field in the Northwestern region of Vietnam. — *J. Geology (Hanoi)*, ser. B, **3-4**: 12-18.
- PHAN TRONG TRINH 1995. Influence des failles actives sur les réservoirs de Hoa Binh et de la rivière Chay (nord du Viêt-nam). — *In: DUBOIS, J.-M. M., BOUSSEMA, M. R., BOIVIN, F. & LAFRANCE, P. (éds), Télé-détection des Ressources en eau. Sainte-Foy et Montréal, Presses de l'Université du Québec et AUPELF-UREF*, pp. 31-42.
- PHAN TRONG TRINH, NGUYEN TRONG YEM, LELOUP, H. P. & TAPPONNIER, P. 1994. Late cenozoic stress field in North Vietnam from microtectonic measurement. — *In: Proceed. Inter. Seis. Haz. South. Asia*, pp. 182-186.
- PHAN TRONG TRINH, TA TRONG THANG & NGUYEN DANG TUC 1997. Deep deformation along the Red river metamorphic zone. — *J. Geology*, **237**: 52-58.



- PHAN TRONG TRINH, TRAN VAN TRI, NGUYEN CAN, DANG VAN BAT, PHAM HUY TIEN, VAN DUC CHUONG, HOANG QUANG VINH, LE THI LAI, DOAN VAN TUYEN, TRAN TRONG HUE, NGUYEN VAN HUNG, NGUYEN DICH DZY, TRAN DINH TO, NGUYEN TRAN HUNG, DOAN KIM THUYEN & HUYNH TUOC 1999. Active tectonics and seismic hazards in Sonla hydropower dam (North Vietnam). — *J. Geology* (Hanoi), ser. B, **13-14**: 19-32.
- PHAN TRONG TRINH, HOANG QUANG VINH & BUI THI THAO 2002a. Actual geodynamics of the Red river fault zone and surrounding areas. — *In*: Ministry of Sciences and Technology (ed.), Red River basin economic development & Environmental protection. Hanoi, Publishing House of Science and Technology, pp. 18-27.
- PHAN TRONG TRINH, CLOSSON, D., OZER, A., HOANG QUANG VINH, BUI THI THAO & TRINH HAI DOAN 2002b. Optic images, DEM and Radar interferometry for the study of active Dien bien fault. — *In*: Proceedings International Symposium Geoinformatics for Spatial Infrastructure Development in Earth and Allied Sciences (Hanoi, 16-18 septembre 2002). Hanoi, Geoinformatic Consortium, pp. 69-75.
- PHAN TRONG TRINH, MAI THANH TAN, NGO VAN LIEM, HOANG QUANG VINH, NGUYEN VAN HUONG, DINH VAN THE, CLOSSON, D. & OZER, A. 2007. Apport de la télédétection à l'étude des failles actives et des risques sismiques au nord du Viet-nam. — *Journal de Télédétection*, **7** (in press).
- ROGER, F., LELOUP, P. H., JOLIVET, M., LACASSIN, R., PHAN TRONG TRINH, BRUNEL, M. & SEWARD, D. 2000. Unravelling a long and complex thermal history by multi-system geochronology: example of the Song Chay metamorphic dome, North Vietnam. — *Tectonophysics*, **321**: 449-466.
- SCHAERER, U., LIAN-SHENG, Z. & TAPPONNIER, P. 1994. Duration of strike-slip movements in large shear zones: The Red River belt, China. — *Earth Planet. Sci. Lett.*, **126**: 379-397.
- SLEMMONS, D. B. 1982. Determination of design earthquake magnitude for micronation. — *In*: Proceedings Third International Earthquake Microzonation Conference (Seattle, 28 juin-1<sup>er</sup> juillet 1982). Earthquake Society, vol. 1., 805 pp.
- TAPPONNIER, P., PELTZER, G., LE DAIN, A. Y., ARMJO, R. & COBBOLD, P. 1982. Propagating extrusion tectonics in Asia: New insights from simple experiments with plasticine. — *Geology*, **10**: 611-616.
- WELL, D. L. & COPPERSMITH, K. J. 1994. New empirical relationship among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area and surface displacement. — *Bulletin of Seismological Society of America*, **84**: 974-1002.
- WINTER, T., PHAN TRONG TRINH, LACASSIN, R., NGUYEN TRONG YEM & COSTAZ, J. 1994. Advantage of a deterministic approach of seismic risk for dam design: the Hoa Binh dam case (Vietnam). — *In*: Proceedings International Workshop on Seismic Hazards in South East Asia (Hanoi, 1-4 février 1994). Hanoi, UNESCO, 276 pp.
- Woodward-Clyde Consultants 1983. Seismic exposure study, offshore, southern California. — New Orleans (USA), 178 pp.
- WYSS, M. 1979. Estimating maximum expectable magnitude of earthquake from fault dimension. — *Geology*, **7**(7): 336-340.

## Improving the Quality of Complementary Food for Young Children in Africa\*

by

John VAN CAMP\*\*, Peter MAMIRO\*\*, Stephen MBITHI\*\*,  
Lieven HUYBREGTS\*\* & Patrick KOLSTEREN\*\*

**KEYWORDS.** — Complementary Foods; Energy Density; Iron; Mycotoxins; Pathogens.

**SUMMARY.** — Protein energy malnutrition (PEM) and micronutrient deficiencies are major nutritional problems that occur during the transitional phase from breast milk to solid complementary foods (CF) in infants in African communities. Most often vegetable products like cereals and legumes are used in CF that result in porridges with low energy density and low micronutrient bioavailability. Locally available technologies, such as germination and fermentation, have been used to increase the energy density and the micronutrient bioavailability of CF. Next to nutritional quality, attention should also be paid to the safety of CF. Both microbial contamination and the presence of mycotoxins may be potential sources of diseases affecting the health of infants and children in Africa. A baseline and intervention study with 6-12 month-old children in Tanzania is presented in which a processed CF composed of finger millet, kidney beans, peanuts and mango puree, has been evaluated relatively to a control product containing the same ingredients, but without processing. Although the processed product had a threefold increase in energy density and an improved iron solubility compared to the control product, no significant difference either in weight gain or in longitudinal growth, or in iron status was noticed between the two groups at the end of the trial. It is suggested that further optimization of local processing is needed, and that more appropriate biomarkers to evaluate iron bioavailability have to be used.

**TREFWOORDEN.** — Complementaire voeding; Energiedensiteit; IJzer; Mycotoxines; Pathogenen.

**SAMENVATTING.** — Eiwit-energie-ondervoeding en micronutriënttekorten zijn belangrijke nutritionele problemen die kunnen optreden tijdens de overgangsfase van borstvoeding naar vaste aanvullende (complementaire) voeding (CF) bij jonge kinderen in Afrika. Vaak worden granen en peulvruchten gebruikt in CF wat resulteert in producten met lage energiedensiteit en lage micronutriëntbiobeschikbaarheid. Lokaal beschikbare technologieën,

\* Paper presented at the meeting of the Section of Natural and Medical Sciences held on 19 December, 2006. Publication decision taken on 18 December, 2007. Final text received on 24 April, 2008.

\*\* Department of Food Safety and Food Quality, Faculty of Bio-Science Engineering, Ghent University, Coupure Links 653, B-9000 Gent (Belgium).

waaronder kieming en fermentatie, worden gebruikt om de energiedensiteit en de biobeschikbaarheid van micronutriënten in CF te verbeteren. Naast nutritionele kwaliteit dient ook voldoende aandacht besteed te worden aan de veiligheid van CF. Zowel microbiële contaminatie als aanwezigheid van mycotoxines kan de gezondheid van zuigelingen en kinderen in Afrika negatief beïnvloeden. Een *baseline* en interventiestudie met kinderen van 6 tot 12 maanden oud in Tanzania werd uitgevoerd waarbij een behandelde CF samengesteld uit granen (giert), peulvruchten (bonen), pindanoten en mangopuree, werd onderzocht ten opzichte van eenzelfde product maar zonder extra behandeling. Ondanks de drievoudige toename in energiedensiteit en verbeterde ijzeroplosbaarheid voor het behandelde product ten opzichte van het controleproduct, werd bij de kinderen geen significant verschil in energie-inname en in ijzerstatus vastgesteld. Als besluit kan worden gesteld dat meer kennis omtrent traditionele behandelingstechnieken noodzakelijk is, en dat meer geschikte biomarkers dienen te worden gebruikt om de biobeschikbaarheid van ijzer te evalueren.

MOTS-CLES. — Complément alimentaire; Densité énergétique; Fer; Mycotoxines; Pathogènes.

RESUME. — *Améliorer la qualité de l'alimentation complémentaire des jeunes enfants en Afrique.* — La malnutrition énergétique en protéines et les déficiences en micronutriments constituent des problèmes nutritionnels majeurs qui surviennent lors de la phase de transition du lait maternel aux aliments complémentaires (AC) solides chez les nourrissons des communautés africaines. Le plus souvent, des produits légumiers, tels que céréales et légumineuses, sont utilisés dans les AC, ce qui donne pour résultat des porridges à faible densité énergétique et à faible biodisponibilité en micronutriments. Des technologies disponibles au niveau local, telles que la germination et la fermentation, ont été employées en vue d'accroître la densité énergétique et la biodisponibilité en micronutriments des AC. Outre la qualité nutritionnelle, il faudrait également veiller à la sécurité des AC. Tant la contamination microbienne que la présence de mycotoxines peuvent représenter des sources potentielles de maladies affectant la santé des nourrissons et des enfants en Afrique. Une étude d'intervention de base sur des enfants de six à douze mois en Tanzanie est présentée dans laquelle des AC traités, composés de millet, de haricots rouges, d'arachides et de purée de mangue, ont été évalués relativement à un produit de contrôle contenant les mêmes ingrédients, mais non traité. Quoique le produit traité ait une densité énergétique trois fois supérieure et une solubilité en fer améliorée par comparaison au produit de contrôle, aucune différence notable, que ce soit en gain de poids, en croissance longitudinale ou en constituants ferreux, n'a été observée entre les deux groupes au terme de l'expérience. Il est suggéré de demander une plus ample optimisation du traitement local ainsi que l'utilisation de marqueurs biologiques mieux appropriés pour évaluer la biodisponibilité en fer.

## 1. Introduction

Malnutrition is a major public health problem in Asia and Africa and is one of the main causes of morbidity and mortality among infants and children (BHANDARI *et al.* 2001). In Tanzania, prevalence of protein energy malnutrition

(PEM) is relatively low during the first six months of life, but increases rapidly afterwards, peaking between twelve to twenty-four months of age. PEM is often combined with other diseases such as malaria, diarrhoea and respiratory tract infections. The ultimate manifestations of these problems are the high infant and young child mortality rates, which stand at 104 and 165 per thousand live births, respectively (UNICEF 2003). Anaemia is also widespread among children in Tanzania especially in rural areas (STOLTZFUS *et al.* 1998). Iron deficiency affects 32 % of the children (World Bank 2000). In 1996, 43 % and 7 % of the children were stunted and wasted, respectively. Why children's growth and development is so impaired is a very complex multicausal problem with age specific differences in causality.

Developing countries need better complementary foods (CF) in order to combat malnutrition. CF are defined as foods or non-milk fluids that are provided in parallel with breast milk. The period during which other foods are provided along with breast milk is considered as the period of complementary feeding (WHO 1998). Traditional CF in Tanzania are based on starchy staples, usually cereals such as maize, sorghum, rice and finger millet and non-cereals such as cassava, sweet potato, yams, bananas and plantains (MOSHA *et al.* 2000). As such, porridges made from these CF are usually low in energy and provide very low amounts of fat, iron and vitamins (especially vitamin A) to infants. In addition, they can be contaminated from unclean water, unwashed hands and utensils, and because of inadequate storage facilities. There is a need to develop and establish affordable blends/formulations with energy and other nutrient contents that meet the recommended daily intake of nutrients. These blends/formulations have to be made based on existing household food resources.

## 2. Improvement of the Nutritional Value of Complementary Foods

According to GIBSON *et al.* (1998), meeting micronutrient needs from CF appears to be the greatest challenge. Trace elements from plant sources, particularly those from plant seeds, are less bioavailable than those from animal sources, due in part to phytic acid, tannins and fibre present in the plants (MOELJOPAWIRO *et al.* 1988, WHO 1998). These antinutritional factors chelate dietary minerals and trace elements in the gastrointestinal tract reducing their bioavailability (FROLICH 1995). Processing techniques such as soaking, germination and fermentation have been found to reduce significantly the levels of phytates and tannins by exogenous and endogenous enzymes formed during processing (MOSHA & SVANBERG 1990, LORRI & SVANBERG 1995, WHO 1998).

The bioavailability of iron can be evaluated by measuring iron solubility after HCl-pepsin (HCl-P) and pepsin-pancreatin (P-P) digestion *in vitro* as described by KUMAR & CHAUHAN (1993) and MILLER *et al.* (1981). The pepsin-pancreatin digestion process is used to simulate the digestion steps in two key areas of the

gastrointestinal tract (stomach and small intestine). Iron solubility in soaked finger millet was slightly increased compared to raw finger millet but was not enhanced by vitamin C and mango addition. Solubility increased significantly during germination, and was also influenced by extra addition of vitamin C and mango. This was also accompanied by a marked reduction in phytate content (tab. 1). As a consequence, local processes like soaking and germination may have potential to reduce the level of phytates and further improve the solubility of iron in plant matrices (MAMIRO *et al.* 2001).

**Table 1**

Phytate content and *in vitro* iron solubility from finger millet as a function of processing\*

	Phytates (g/100 g DM)	HCl-P (%)	P-P (%)	P-P + vit C (%)	P-P + mango (%)
Raw	1.30 <sup>a</sup> (0.04)	5.06 <sup>a</sup> (0.18)	4.49 <sup>a</sup> (0.22)	5.64 <sup>a</sup> (0.14)	4.81 <sup>a</sup> (0.17)
Soaked	1.25 <sup>a</sup> (0.01)	6.01 <sup>b</sup> (0.10)	5.88 <sup>a</sup> (0.49)	6.81 <sup>b</sup> (0.27)	6.16 <sup>a</sup> (0.41)
Germinated	0.63 <sup>b</sup> (0.04)	29.91 <sup>d</sup> (1.82)	10.57 <sup>c</sup> (0.81)	31.20 <sup>c</sup> (1.99)	29.02 <sup>d</sup> (2.00)

\* Redrafted from MAMIRO *et al.* (2001). Values are means and 1 sd of 3 replicates. Values with the same superscript in the same row or column are not significantly different. DM: dry matter.

### 3. Evaluating the Safety of Complementary Foods

Despite the nutritional advantages of germination to improve the nutritional characteristics of cereals and legumes, the process is believed to favour out-growth of pathogens and possible toxin production, rendering safety of the germinated products questionable. Various bacterial pathogens have been isolated from sprouts of different seeds such as beans, cress mungbean, mustard and soybean (BEUCHAT 1996, WEISSINGER *et al.* 2001). Conditions enhancing germination, which include temperature and humidity, are conducive to bacterial growth (PIENAS & GUIRAUD 1998). Total aerobic plate counts therefore increase considerably during germination, as demonstrated for finger millet in table 2.

**Table 2**

Growth of *Bacillus cereus* and *Staphylococcus aureus* in finger millet during germination (in log CFU/g)\*

	soaked	24 h germination	48 h germination
Total count	5.19 <sup>a</sup> (0.02)	7.72 <sup>b</sup> (0.10)	8.56 <sup>c</sup> (0.04)
<i>B. cereus</i>	4.16 <sup>a</sup> (0.09)	6.77 <sup>b</sup> (0.03)	7.38 <sup>c</sup> (0.07)
Total count	6.50 <sup>a</sup> (0.04)	8.51 <sup>b</sup> (0.04)	8.60 <sup>c</sup> (0.03)
<i>S. aureus</i>	5.56 <sup>a</sup> (0.03)	5.06 <sup>b</sup> (0.06)	4.99 <sup>b</sup> (0.12)

\* Redrafted from KIMANYA *et al.* (2003). Values are means and 1 sd of 3 replicates. Values with the same superscript in the same row or column are not significantly different.

*S. aureus* does not increase in number during germination of finger millet (tab. 2). A level of about 5.6 log colony forming units per gram (cfu/g) of the

pathogen used to contaminate the grains at the steeping stage decreased slightly as the grains were germinated for up to 48 h. This suggests that finger millet is not a good substrate for growth of *S. aureus* and that the pathogen does not compete well with the natural flora of finger millet. However, it was also observed that *B. cereus* multiplied during germination of finger millet (tab. 2). Counts increased from about 4 log cfu/g at steeping time to 6-7 log cfu/g after 48 h of germination. Such levels of *B. cereus* have potential for toxin production, and render the obtained grains unsafe for use in human foods (GILBERT *et al.* 1974). It is therefore recommended that proper safety control (Hazard Analysis Critical Control Point, HACCP) mechanisms including a procedure for observation of personal hygiene, selection of safe raw materials and water have to be followed in all food processing units where a germination stage for finger millet is involved (KIMANYA *et al.* 2003).

*F. moniliforme* is highly prevalent in maize in African countries such as Zambia, where maize is a basic dietary staple (MARASAS *et al.* 1988). The mycotoxin fumonisins B1 and B2 in maize from this country have been measured at levels up to 17.9 mg.kg<sup>-1</sup> and 3 mg.kg<sup>-1</sup>, respectively (ALBERTS *et al.* 1990, THIEL *et al.* 1991). Similarly, DOKO *et al.* (1996) detected fumonisins in all maize samples from Botswana, South Africa, Mozambique and Zambia. Only few studies have investigated fumonisins in finger millet, beans and peanuts although these are frequently used as ingredients for CF in African communities. MUNIMBAZI & BULLERMAN (1996) found no *Fusarium* growth in finger millet and low levels of fumonisin in beans and peanuts. SIAME *et al.* (1998) detected no fumonisin in peanuts and beans. The data available on maize suggest widespread occurrence of fumonisins in eastern and southern Africa. The high incidence of fumonisins in cereal and cereal-based products may have serious implications on the health of intended consumers, especially children who are complemented with maize porridges available in their respective areas. As a consequence, further research is urgently needed to evaluate more thoroughly the issue of mycotoxin contamination in CF.

#### **4. Use of Optimized Complementary Foods to Improve the Nutritional Status of Young Children in African Communities**

To evaluate the use of an optimized complementary food on the growth and iron status of young children in a rural African community, a baseline survey was done by measuring the nutritional status of six month-old infants in Kilosa district, Morogoro region, Tanzania. About 21 % of the surveyed children were underweight (tab. 3) based on FAO/WHO and the National Centre for Health Statistics (NCHS) scales. Underweight represents children who suffer from chronic or acute malnutrition or both and is normally influenced by both short- and long-term determinants of malnutrition. There were few (2.1 %) cases of

acute malnutrition (wasting). Results also indicated that 37.6 % of the infants were stunted, with height for age values below  $-2$  z-scores. The CF taken were low in energy density, contained few amounts of fat and were too low in iron to meet the daily recommendations for iron for children of that age (MAMIRO *et al.* 2005). This observation shows that nutritional problems start very early in life and that nutritional interventions focussing on optimization of the nutritional value of CF should be carried out.

**Table 3**  
Underweight, wasting and stunting among 338 infants surveyed during the pilot study\*

Z-scores	Underweight (W/A)		Wasting (W/H)		Stunting (H/A)	
	n	%	n	%	n	%
< -3	15	4.5	0	0	31	9.2
≥ -3 < -2	55	16.5	7	2.1	96	28.4
≥ -2	268	79	331	97.9	211	62.4

\* Redrafted from MAMIRO *et al.* (2005).

Following the pilot study, a processed complementary food was produced containing finger millet, kidney beans, peanuts and mango. Optimization was done based on the amino acid scores and energy value of the ingredients, and additional processing (soaking, germination) was performed to reduce the level of antinutrients and improve the digestibility. Complementary food was targeted to meet the energy needs of children of 6-24 months of age at consumption levels not exceeding their gastric capacity. The control CF contained the same ingredients as the processed CF, but no additional processing was done (tab. 4). Both foods were solubilized in water and cooked prior to consumption. The production scheme and quality control of CF is described in more detail by MBITHI-MWIKYA *et al.* (2002) and MAMIRO *et al.* (2004).

**Table 4**  
Composition of the field complementary food\*

Variable	Processed	Non-processed	P value
Energy of flour (kJ/100 g DM)	1,731 (11)	1,731 (18)	0.89
Protein in flour (g/100 g DM)	12.87 (0.57)	12.64 (0.56)	0.33
Fat in flour (g/100 g DM)	4.64 (0.52)	5.08 (0.74)	0.11
Energy density porridge (kJ/mL)	6.1	1.7	-
Solids % (w/v) in porridge	35	10	-
Total iron (mg/100 g DM)	4.74 (0.41)	5.89 (0.87)	0.002
Soluble iron (%)	18.83 (0.72)	4.76 (0.80)	0.001
Phytates (% DM)	0.66 (0.02)	1.15 (0.03)	0.04

\* Redrafted from MAMIRO *et al.* (2004). Mean and sd of 12 production batches. DM: dry matter.

A detailed description of the trial protocol was given by MAMIRO *et al.* (2004). The study was set up as a randomized controlled trial, whereby processed complementary food was given to the intervention groups and non-processed food to the control group. Verbal consent was obtained from mothers for their infants to participate in the trial. The ethics committees both of the Tanzania Food and Nutrition Centre and of the University of Ghent reviewed the protocol and gave approval for the trial.

The project complementary food contributed more than 50 % of the total daily energy intake. The remaining energy was obtained from other foods as well as from breast milk. At twelve months of age, no differences could be observed between the two groups in terms of weight gain, mean weight-for-length and length-for age z-scores. The majority of infants (76 %) were still anaemic according to WHO standards at the end of the study. Zinc protoporphyrin ZP (a marker for iron status) declined significantly after six months' intervention, but without difference between the two groups (tab. 5).

**Table 5**

Comparison of hemoglobin (Hb), zinc protoporphyrin (ZP), weight for length z-score (WLZ) and length for age z-score (LAZ) of infants at twelve months of age by intervention group\*

Variable	Processed (n = 133)	Non-processed (n = 125)	P value
Hb (g.L <sup>-1</sup> )	96.6 (17.4)	96.5 (16.2)	0.96
ZP (µg.g <sup>-1</sup> Hb) <sup>2</sup>	5.8 (3.5)	6.2 (3.1)	0.34
WLZ <sup>2</sup>	-0.27 (0.97)	-0.07 (0.98)	0.12
LAZ	-2.08 (1.02)	-2.04 (1.07)	0.78
Change of Hb (g.dL <sup>-1</sup> )	4.8 (1.8)	1.5 (2.0)	0.19
Change of ZP (µg.g <sup>-1</sup> Hb) <sup>2</sup>	-4.4 (0.5)	-3.6 (0.5)	0.39
Change in WLZ	-0.67 (0.10)	-0.81 (0.10)	0.31
Change in LAZ**	-0.50 (0.06)	-0.42 (0.07)	0.40

\* Taken from MAMIRO *et al.* (2004). Mean (sd).

\*\* t-test applied on zero-skewness log-transformed variables.

The fact that there was no additional effect of the processed relative to the non-processed CF on nutritional status, supports the idea that processing does not necessarily matter to cover macronutrient needs, as long as nutrition guidance is appropriate and extra fat is added to the diet. Adequate amounts of CF were provided to each child and therefore the theoretical advantage of a higher energy dense food was neutralized. Although locally adapted processing techniques of plant-based foods with low iron content increased *in vitro* solubility of iron, it was not possible to demonstrate a significant improvement in iron status in the intervention group. This result suggests that the amount of soluble iron is not necessarily correlated with bioavailability, which has been confirmed in the study of PEYNAERT *et al.* (2006), using caco-2 cell lines instead of the *in vitro* iron solubility model. Another, possibly more important explanation, is the rather low



iron content in both processed and non-processed complementary food, which neutralized the beneficial effect on iron solubility in the processed CF.

## 5. Conclusions

The beneficial role of local processing in improving the nutritional value of complementary foods has been demonstrated in several studies, although more work is needed to evaluate their suitability to improve the nutritional status of infants and young children in real field situations. Local processing may not always be sufficient to cover the micronutrient needs of growing infants and young children, and addition of animal foods or supplementation may have to be considered simultaneously. Specific attention needs to be given to the safety of CF, including prevention of the outgrowth of pathogenic bacteria and avoiding the presence of bacterial toxins and mycotoxins.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The PhD thesis of S. Mbithi-Mwikya has been supported by a grant from BTC in Belgium. The PhD work of P. S. Mamiro has been supported by a grant from the Flemish Interuniversity Council, from *Nutrition Tiers-Monde* and from two Steve Biko scholarships.

## REFERENCES

- ALBERTS, J. F., GELDERBLUM, W. C. A., THIEL, P. G., MARASAS, W. F. O., VAN SCHALWYK, D. J. & BEHREND, Y. 1990. Effects of temperature and incubation period on production of fumonisin B1 by *Fusarium moniliforme*. — *Applied and Environmental Microbiology*, **57**: 1729-1733.
- BEUCHAT, L. R. 1996. Pathogenic micro-organisms associated with fresh produce. — *Journal of Food Protection*, **59**: 204-216.
- BHANDARI, N., BAHL, R., NAYYAR, B., KHOKHAR, P., RHOHDE, J. E. & BHAN, M. K. 2001. A randomized trial to assess the growth impact of food supplementation and nutritional counselling in infants between 4-12 months of age. — *Journal of Nutrition*, **131**: 1946-1951.
- DOKO, M. B., CANET, C., BROWN, N., SYDENHAM, E. W., MPUCHANE, S. & SIAME, B. A. 1996. Natural co-occurrences of fumonisins and zearalenone in cereals and cereal-based foods from eastern and southern Africa. — *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **44**: 3240-3243.
- FROLICH, W. 1995. Bioavailability of micronutrient in a fiber rich diet, especially related to mineral. — *European Journal of Clinical Nutrition*, **67**: 664-665.
- GIBSON, R. S., YEUDALL, F., DROST, N., MITTIMUNI, B. & CULLINAN, T. 1998. Dietary interventions to prevent zinc deficiency. — *American Journal of Clinical Nutrition*, **68**: 484S-487S.

- GILBERT, R. J., STRINGER, M. F. & PEARCE, J. M. 1974. The survival and growth of *Bacillus cereus* in boiled and fried rice in relation to outbreaks of food poisoning. — *Journal of Hygiene*, **73**: 433-444.
- KUMAR, A. & CHAUHAN, B. M. 1993. Effects of phytic acid on protein digestibility (*in vitro*) and HCl-extractibility of minerals in Pearl millet sprouts. — *Journal of Cereal Chemistry*, **70**: 504-506.
- KIMANYA, M. E., MAMIRO, P. R. S., VAN CAMP, J., DEVLIEGHERE, F., OPSOMER, A., KOLSTEREN, P. & DEBEVERE, J. 2003. Growth of *Staphylococcus aureus* and *Bacillus cereus* during germination and drying of finger millet and kidney beans. — *International Journal of Food Science and Technology*, **38**: 119-125.
- LORRI, W. & SVANBERG, U. 1995. An overview of the use of fermented food for child feeding in Tanzania. — *Ecology of Food and Nutrition*, **34**: 65-81.
- MAMIRO, P. S., VAN CAMP, J., MBITHI-MWIKYA, S. & HUYGHEBAERT, A. 2001. *In vitro* extractability of calcium, iron and zinc in finger millet and kidney beans during processing. — *Journal of Food Science*, **66**(9): 1271-1275.
- MAMIRO, P. S., KOLSTEREN, P. W., VAN CAMP, J., ROBERFROID, D. A., TATALA, S. & OPSOMER, A. 2004. Processed complementary food did not improve growth or haemoglobin status of rural Tanzanian infants from 6-12 months of age in Kilosa district, Tanzania. — *Journal of Nutrition*, **134**: 1084-1090.
- MAMIRO, P. S., KOLSTEREN, P. W., ROBERFROID, D. A., TATALA, S., OPSOMER, A. S. & VAN CAMP, J. 2005. Feeding practices and factors contributing to wasting, stunting and iron deficiency anemia among 3-23 months old children in Kilosa district, rural Tanzania. — *Journal of Health, Population and Nutrition*, **23**(3): 222-230.
- MARASAS, W. F. O., JASKIEWICKS, V. F. S. & VAN SCHALWYK, D. J. 1988. *Fusarium moniliforme* contamination of maize in oesophageal cancer areas in Transkei. — *South Africa Medical Journal*, **74**: 110-114.
- MBITHI-MWIKYA, S., VAN CAMP, J., MAMIRO, P. R. S., OOGHE, W., KOLSTEREN, P. & HUYGHEBAERT, A. 2002. Evaluation of the nutritional characteristics of a Finger Millet-based complementary food. — *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **50**(10): 3030-3036.
- MILLER, D. D., SCHRICKER, B. R., RASMUSSEN, R. R. & VAN CAMPEN, D. 1981. An *in vitro* method for estimation of iron availability from meals. — *American Journal of Clinical Nutrition*, **34**: 2248-2256.
- MOELIOPAWIRO, S., FIELDS, M. L. & GORDON, D. 1988. Bioavailability of zinc in fermented soybeans. — *Journal of Food Science*, **53**(2): 460-463.
- MOSHA, T. C. E. & SVANBERG, U. 1990. The acceptance and food intake of bulk reduced weaning foods. The Liganga village study. — *Food and Nutrition Bulletin*, **12**: 69-74.
- MOSHA, T. C. E., LASWAI, H. S. & TETENS, I. 2000. Nutritional composition and micronutrient status of home-made and commercial weaning foods consumed in Tanzania. — *Plant Foods for Human Nutrition*, **55**: 185-205.
- MUNIMBAZI, C. & BULLERMAN, L. B. 1996. Molds and mycotoxins in foods from Burundi. — *Journal of Food Protection*, **59**: 869-875.
- PEYNAERT, I., ARMAH, C., FAIRWEATHER-TAIT, S., KOLSTEREN, P., VAN CAMP, J. & DE HENAUW, S. 2006. Iron solubility versus *in vitro* digestion/Caco-2 cell culture method for the assessment of iron bioavailability in a processed and unprocessed complementary food for Tanzanian infants (6-12 months). — *British Journal of Nutrition*, **95**: 721-726.

- PIENAS, V. & GUIRAUD, J. P. 1998. Microbial hazards related to rice sprouting. — *International Journal of Food Science and Technology*, **32**: 33-39.
- SIAME, B. A., MPUCHANE, S., GASHE, B. A., ALLOTTEY, J. & TEFFERA, G. 1998. Occurrence of Aflatoxins, Fumonisin B1 and Zearalenone in foods and feeds in Botswana. — *Journal of Food Protection*, **61**: 1670-1673.
- STOLTZFUS, R. J., ALBONICO, M., CHWAYA, H. M., TIELSCH, J. M., SCHULZE, K. J. & SAVIOLI, L. 1998. Effects of the Zanzibar school-based deworming programme on iron status of children. — *American Journal of Clinical Nutrition*, **67**: 179-180.
- THIEL, P. G., MARASAS, W. F. O., SYDENHAM, E. W., SHEPHARD, G. S., GELDERBLUM, W. C. A. & NIEWENHUIS, J. J. 1991. Survey of fumonisin production by *Fusarium* species. — *Applied and Environmental Microbiology*, **57**: 1089-1093.
- UNICEF 2003. Tanzania Statistics. United Nations Children Fund (UNICEF). Tanzania Statistics.htm
- WEISSINGER, W. R., McWATTERS, K. H. & BEUCHAT, L. R. 2001. Evaluation of volatile chemical treatments for lethality to *Salmonella* on Alfalfa seeds and sprouts. — *Journal of Food Protection*, **64**(4): 422-450.
- WHO 1998. Complementary feeding of young children in developing countries: A review of current scientific knowledge. — Geneva, World Health Organisation, p. 228.
- World Bank 2000. World Bank Africa development data. CD-ROM.

**Klasse voor Technische Wetenschappen**

---

**Classe des Sciences techniques**

## Le magmatisme alcalin et carbonatitique: synthèse sur la province paléozoïque de Kola (Russie) et caractéristiques générales du massif protérozoïque de Matongo (Burundi)\*

par

Daniel DEMAIFFE\*\*

**MOTS-CLES.** — Carbonatites; Magmatisme alcalin; Péninsule de Kola; Rift est-africain; Matongo.

**RESUME.** — Les massifs alcalins et carbonatitiques se mettent en place le long de zones de rift (ou de dômes lithosphériques) affectant des blocs continentaux cratonisés. La province alcaline de Kola (NO Russie) représente l'exemple-type de ce magmatisme sur le craton est-européen. D'âge dévonien supérieur (360-380 Ma), elle comprend plus de vingt complexes intrusifs (dont les fameux massifs de Khibiny et Lovozero) et est caractérisée par la trilogie typique de cumulats ultramafiques — roches silicatées alcalines (syénites à néphéline) — carbonatites (d'où leur appellation UACC). Une synthèse des caractéristiques pétrographiques, géochimiques et isotopiques est présentée et discutée.

En Afrique centrale, la plupart des massifs alcalins sont distribués le long des deux branches du rift africain. La carbonatite de Matongo (Burundi), connue uniquement par sondages, est spatialement associée au massif de syénite de la Haute-Ruvubu. Cette carbonatite est sommairement décrite. L'âge de mise en place (690 +/- 32 Ma) a été déterminé par isochrone Pb-Pb.

**TREFWOORDEN.** — Carbonatieten; Alkalisch magmatisme; Kola schiereiland; Oost-Afrikaanse rift; Matongo.

**SAMENVATTING.** — *Het alkali en carbonatietisch magmatisme: synthese over de Paleozoïsche provincie van Kola (Rusland) en algemene kenmerken van het Proterozoïsch massief van Matongo (Burundi).* — Alkali-massieven en carbonatieten worden gevormd langsheen riftzones (of lithosferische domes) met beïnvloeding van de gekratoniseerde continentale blokken. De alkali-provincie van Kola (NW Rusland) vertegenwoordigt het typevoorbeeld van dergelijk magmatisme op het Oost-Europese kraton. Deze provincie behoort tot het Boven Devoon (360-380 Ma) en telt meer dan twintig intrusieve complexen (waaronder de beroemde massieven van Khibiny en Lovozero) en is gekenmerkt

\* Communication présentée à la séance de la Classe des Sciences techniques tenue le 21 décembre 2006. Texte reçu le 19 juin 2007.

\*\* Membre de l'Académie; Département des Sciences de la Terre et de l'Environnement (ULB), CP 160/02, av. F. D. Roosevelt 50, B-1050 Bruxelles (Belgique).

door de typische trilogie van ultramafische cumulaten — alkalijne silicaatgesteenten (nephelien-syenieten) — carbonatieten (vandaar de benaming UACC). Een overzicht van de petrografische, geochemische en isotopische karakteristieken wordt uiteengezet en besproken.

In Centraal-Afrika zijn de meeste alkali-massieven verspreid in de twee takken van de Afrikaanse rift. De carbonatiet van Matongo (Burundi), enkel waargenomen in boringen, is regionaal verbonden met het syeniet-massief van de Boven-Ruvubu. Deze carbonatiet wordt bondig beschreven. Haar vormingsouderdom ( $690 \pm 32$  Ma) werd bepaald door een Pb-Pb isochroon.

**KEYWORDS.** — Carbonatites; Alkaline Magmatism; Kola Peninsula; East-African rift; Matongo.

**SUMMARY.** — *Alkaline and Carbonatite Magmatism: A Synthesis on Kola Palaeozoic Province (Russia) and General Characteristics of Matongo Proterozoic Massif (Burundi).* — Alkaline and carbonatite intrusions are generally located along rift zones (or lithospheric domes) in cratonic continental blocks. Kola province (NE Russia) is the typical example of this alkaline magmatism on the East-European craton. This province of Upper Devonian age (360-380 Ma) consists of more than twenty intrusive complexes (including the famous syenite massifs of Khibiny and Lovozero) and is characterized by the typical trilogy ultramafic cumulates — alkaline silicate rocks (nepheline syenite) — carbonatites (hence their name: UACC). A brief synthesis of the petrological, geochemical and isotopic features is presented and discussed.

In Central Africa, most alkaline massifs are distributed along the two branches of the African rift. Matongo carbonatite (Burundi), only known by drillings, is spatially associated with the Upper Ruvubu syenite massif. This carbonatite is shortly described. Its intrusion age ( $690 \pm 32$  Ma) has been obtained by Pb-Pb isochron.

## Introduction

Les carbonatites sont des roches magmatiques rares, essentiellement constituées de minéraux carbonatés. Elles sont souvent associées sur le terrain à une large gamme de roches silicatées, principalement des roches ultramafiques et des roches alcalines sous-saturées en silice.

Ce papier a pour objectif de présenter les principales caractéristiques minéralogiques, pétrologiques et géochimiques des massifs carbonatitiques. Cette synthèse est axée sur la province alcaline et carbonatitique de la Péninsule de Kola (KAP) qui est considérée comme l'exemple-type de ce magmatisme et qui est étudiée par le Laboratoire de Géochimie isotopique et Géodynamique chimique de l'ULB depuis plus de quinze ans. Par ailleurs, un massif peu connu du Burundi, le massif de Matongo, sera brièvement décrit.

Les travaux de pionnier de BROGGER (1921) sur le massif de Fen (S. Norvège) et de VON ECKERMANN (1948) sur le massif d'Alnö (Suède) ont établi le caractère magmatique indubitable des carbonatites. HEINRICH (1966) et TUTTLE & GITTINS (1967) font les premières synthèses sur la géologie des carbonatites et LE BAS

(1977) coordonne un ouvrage sur le volcanisme de type carbonatite-néphéline en Afrique de l'Est (spécialement au Kenya).

A la même époque, l'école russe (KUKHARENKO *et al.* 1965, GERASIMOVSKY *et al.* 1966) décrit en détail les relations de terrain et les caractères minéralogiques et pétrographiques des massifs alcalins et carbonatitiques de la province de Kola (NO Russie).

Plus récemment, plusieurs ouvrages multi-auteurs ont été consacrés à ce type de magmatisme (BELL *et al.* 1989, DOWNES *et al.* 2000, ROSATELLI *et al.* 2003, WALL & ZAITSEV 2004, WALL *et al.* 2005).

Depuis les années 1980, A. Woolley (*Department of Mineralogy, Natural History Museum, London, UK*) a entrepris la tâche colossale de répertoire et de décrire succinctement toutes les occurrences de roches alcalines et carbonatitiques du monde. Les trois premiers volumes ont déjà été publiés; ils sont consacrés à l'Amérique du Nord et du Sud, Groenland inclus (WOOLLEY 1987), à l'ancienne URSS (KOGARKO *et al.* 1995) et à l'Afrique (WOOLLEY 2001). Le quatrième et dernier volume, consacré au reste du monde, est en préparation.

La *European Science Foundation* (ESF) a subsidié le réseau international de recherches EUROCARB (2000-2004) consacré à l'étude du carbone dérivé du manteau et, donc, aux carbonatites et aux cycles du carbone. L'auteur de ces lignes a fait partie du Comité de coordination de ce réseau.

Au-delà de leur intérêt scientifique intrinsèque comme marqueurs de l'évolution du manteau sous-continentale (voir discussion ci-dessous), les carbonatites et les roches alcalines associées ont acquis une importance économique non négligeable: elles constituent en effet des dépôts potentiels importants pour certains éléments rares (Nb, Ta, terres rares, Zr, Cu,...) et pour certains matériaux (phosphates, vermiculite, bauxites,...). (Voir les synthèses de MARIANO 1989, PETROV 2004.)

### **Caractéristiques générales des massifs alcalins et carbonatitiques**

Par définition, une carbonatite est une roche magmatique dont la proportion modale de carbonate dépasse 50 % (LE MAITRE 2002). La nature du carbonate permet de distinguer les carbonatites à calcite ou calciocarbonatites (elles peuvent être grossièrement — sövite — ou finement — alvikite — grenues), les carbonatites à dolomite ou magnésiocarbonatites (= béforsite) et les carbonatites à ankérite ou sidérite encore appelées ferrocyanatites. Si le carbonate est riche en alcalin (nyerereite, gregoryite), on parle de natrocarbonatite. Outre les carbonates, les carbonatites peuvent contenir des minéraux silicatés, des sulfures, des oxydes, des phosphates et accessoirement la fluorine. Le tableau 1 reprend la liste des principaux minéraux. Les carbonatites qui contiennent plus de 20 % en poids de SiO<sub>2</sub> sont qualifiées de silicocarbonatites.

**Tableau 1**  
Principaux minéraux des carbonatites (d'après WINTER 2001)

<p><b>CARBONATES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Calcite</li> <li>- Dolomite</li> <li>- Ankérite</li> <li>- Sidérite</li> <li>- Strontianite</li> <li>- Bastnäsite (La, Ce) CO<sub>3</sub> F</li> <li>- Nyerereite (Na, K)<sub>2</sub> Ca (CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub></li> <li>- Gregoryite (Na, K)<sub>2</sub> CO<sub>3</sub></li> </ul> <p><b>SILICATES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pyroxène               <ul style="list-style-type: none"> <li>• aegyrine – augite</li> <li>• diopside</li> <li>• augite</li> </ul> </li> <li>- Olivine</li> <li>- Monticellite</li> <li>- Amphibole alcaline</li> <li>- Allanite</li> <li>- Andradite</li> <li>- Phlogopite</li> <li>- Zircon</li> </ul>	<p><b>SULFURES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pyrrhotine</li> <li>- Pyrite</li> <li>- Galène</li> <li>- Sphalérite</li> </ul> <p><b>OXYDES - HYDROXYDES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Magnétite</li> <li>- Pyrochlore</li> <li>- Pérovskite</li> <li>- Hématite - Ilménite</li> <li>- Baddeleyite</li> <li>- Pyrolusite</li> </ul> <p><b>HALOGENURES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fluorite</li> </ul> <p><b>PHOSPHATES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Apatite</li> <li>- Monazite</li> </ul>
---	---

Les massifs carbonatitiques se mettent généralement en place dans les régions cratoniques stables des continents; on les observe souvent le long de linéaments de grande ampleur comme les zones de rift ou sur des dômes lithosphériques. La figure 1, extraite de WOOLLEY (1989), montre la distribution des massifs alcalins et carbonatitiques sur le continent africain; on voit clairement que la plupart des massifs jalonnent les deux branches du rift est-africain. Par ailleurs, BURKE *et al.* (2003) et BURKE & KHAN (2006) montrent que la majorité (90 %) des occurrences de massifs alcalins déformés en Afrique et en Inde sont localisées dans des zones de suture (reconnues ou supposées) d'âge protérozoïque qui pourraient correspondre à des zones de fermeture de domaines océaniques. Les carbonatites sont très rares en domaine océanique: elles n'ont été reconnues que dans les îles Canaries (Fuerteventura) et au Cap-Vert.

Les massifs plutoniques alcalins et carbonatitiques sont souvent des intrusions complexes polyphasées (voir ci-après la description du massif de Kovdor, péninsule de Kola). Jusqu'à tout récemment, on considérait les carbonatites extrusives (= volcaniques) comme très rares à l'exception notable des natrocarbonatites du célèbre volcan Oldoinyo Lengai de Tanzanie (BELL & KELLER 1995), par ailleurs le seul volcan carbonatitique actif connu. Une revue récente (WOOLLEY & CHURCH 2005) recense quarante-neuf occurrences de carbonatites extrusives dont la moitié est représentée par des petits cônes de tephra, des anneaux de tufs ou des diatrèmes, et l'autre moitié par de grands stratovolcans. Ces carbonatites volcaniques sont le plus souvent de nature pyroclastique, elles contiennent des phé-



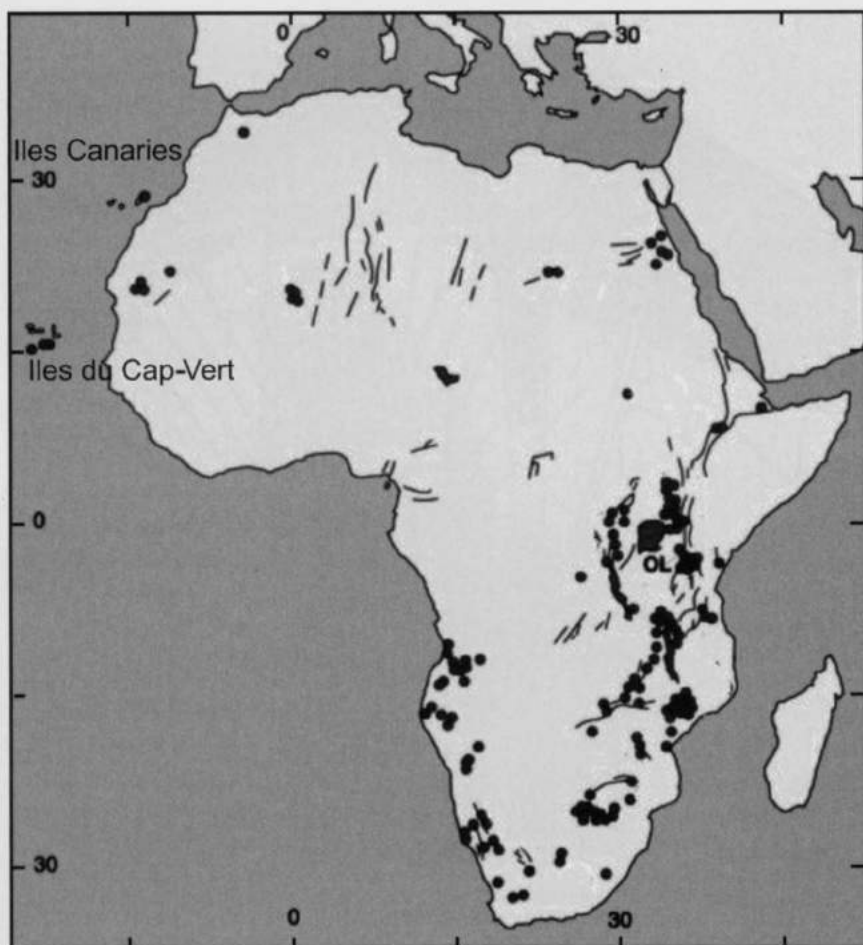


Fig. 1. — Distribution des carbonatites en Afrique (d'après WOOLLEY 1989). OL: volcan natrocarbonatitique d'Oldoinyo Lengai (Tanzanie).

nocristaux automorphes de calcite d'origine magmatique primaire indubitable. Elles sont associées à des laves silicatées sous-saturées (néphélinites, méliilitites, phonolites) et peuvent contenir des xénolites dérivés du manteau (des lherzolites à spinelle le plus souvent) et des mégacristaux de diopside chromifère et Cr-spinelle (voir microphotographies dans STOPPA 2003).

Les relations entre carbonatites intrusives et extrusives sont mal connues et en général non visibles sur le terrain. La figure 2, extraite de LE BAS (1987), représente une section schématique idéalisée d'un complexe plutovolcanique néphélinite-carbonatite.

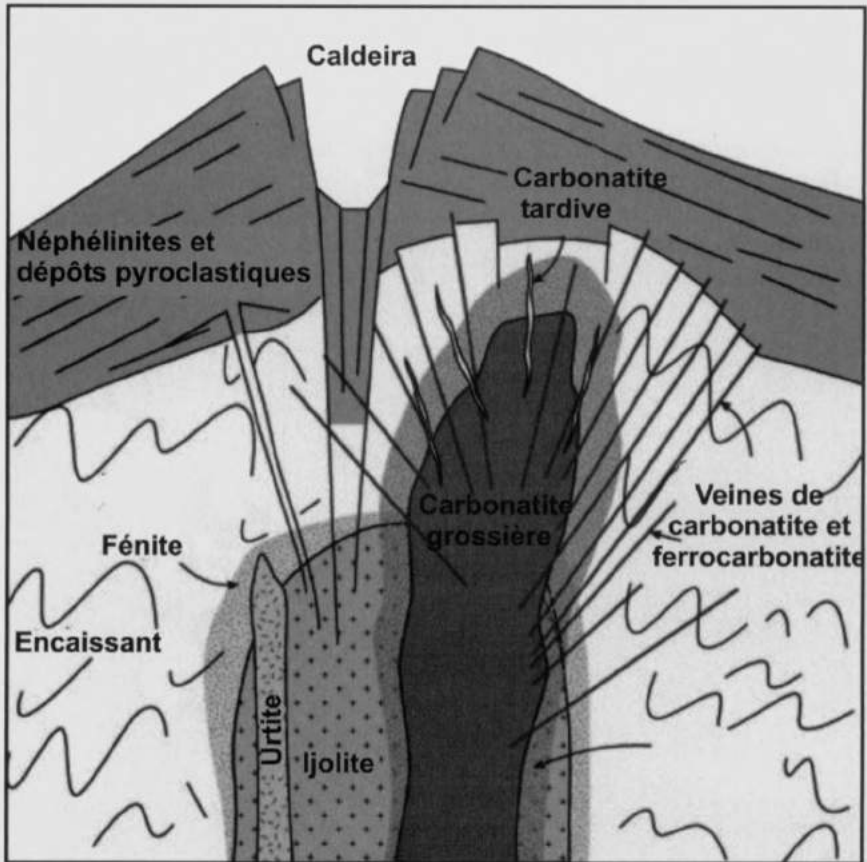


Fig. 2. — Représentation schématique idéalisée d'un complexe plutovolcanique de type néphéline-carbonatite (d'après LE BAS 1987).

MITCHELL (2005) a proposé une nouvelle classification des carbonatites sur base minéralogique et génétique. Il propose de distinguer les carbonatites primaires de ce qu'il appelle «les résidus carbothermiques» qui représentent la cristallisation tardive de fluides à basse température enrichis en  $\text{CO}_2$  et dérivés d'une large gamme possible de magmas. Les carbonatites primaires sont subdivisées en trois clans majeurs: le clan des néphélinites, le clan des mélilitites et le clan des kimberlites à calcite. Il faudrait ajouter le clan des néphélinites peralcalines pour les natrocarbonatites d'Oldoinyo Lengai.

#### **La province alcaline et carbonatitique de Kola (KACP en anglais)**

Cette province est localisée à l'extrémité nord du bouclier baltique, dans la péninsule de Kola (NO Russie) et en Finlande (fig. 3). Plus de vingt complexes

alcalins ont été identifiés, dont les célèbres massifs de syénite agpaïtique à néphéline de Khibiny (1 327 km<sup>2</sup>) et de Lovozero (650 km<sup>2</sup>) découverts par Ramsay en 1889. Les massifs alcalins sont localisés le long de linéaments majeurs d'extension lithosphérique: le rift de Kontozero d'une part, orienté ENE-OSO, et la zone de fracture profonde de Kandalakcha (NNO-SSE) d'autre part qui se prolonge au-delà de la mer Blanche, dans la région des pipes de kimberlites d'Arkhangelsk.

La plupart des massifs sont d'origine plutonique mais le massif de Kontozero contient des tufs carbonatitiques. Par ailleurs, des essais de filons de lamprophyre ultramafique, (méla)méllilite, (méla)néphéline et des pipes de kimberlite faiblement diamantifère (côte de Terskyi) ont également été reconnus.

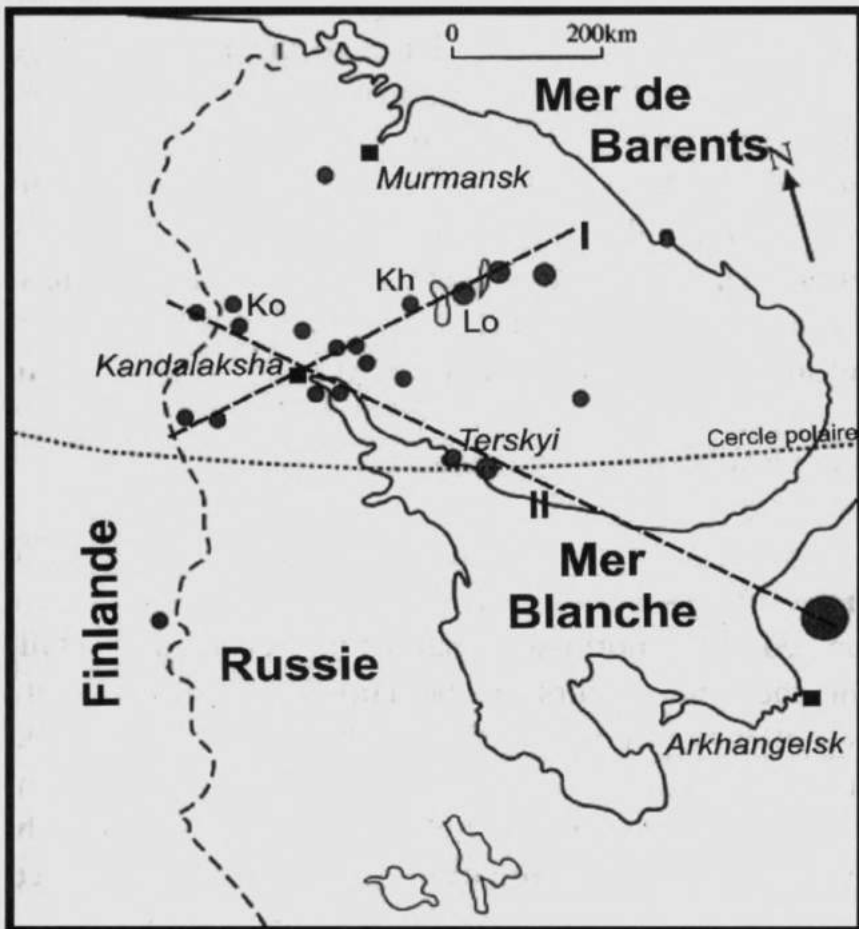


Fig. 3. — Massifs alcalins et carbonatitiques de la province de la péninsule de Kola, NO Russie (d'après KOGARKO *et al.* 1995, modifié). Relations avec les linéaments du rift de Kontozero (I) et de la zone de fracture profonde de Kandalaksha (II). Ko: Kovdor; Kh: Khibiny; Lo: Lovozero.

KRAMM *et al.* (1993) ont établi que l'ensemble de la province s'était mis en place durant un court intervalle de temps, entre 380 et 360 Ma (Dévonien supérieur). Les massifs alcalins intrudent le socle du bouclier baltique (une des entités du craton est-européen) qui résulte de l'amalgamation de trois blocs continentaux (= terranes) essentiellement constitués d'un complexe tonalite-trondhjemite-granodiorite (suite TTG) daté de 2.95-2.90 Ga avec subsidiairement des séries supracrustales de l'Archéen tardif et du Paléoprotérozoïque (BALAGANSKY *et al.* 1998). La croûte a environ 40 km d'épaisseur et la lithosphère actuelle fait plus de 200 km d'épaisseur (ARTEMIEVA 2003). Le manteau lithosphérique sous la péninsule de Kola est constitué de lherzolite et de wehrlite à spinelle, partiellement métasomatisées (présence d'amphibole, phlogopite et F-apatite). Un peu plus à l'est, dans la région d'Arkhangelsk, les kimberlites ont remonté des lherzolites à spinelle et à grenat.

KOGARKO *et al.* (1995) décrivent sommairement chaque intrusion et DOWNES *et al.* (2005) font une revue des caractéristiques pétrographiques, géochimiques et isotopiques de cette province. ARZAMASTSEV *et al.* (2002) ont estimé que le volume total de magma associé à la province alcaline et carbonatitique de Kola était au moins de 15 000 km<sup>3</sup> mais qu'il pouvait être beaucoup plus important (de l'ordre de 75 000 km<sup>3</sup>) si l'on tient compte de la présence probable d'une couverture de lave qui a pu être érodée.

L'équipe du Laboratoire de Géochimie isotopique et Géodynamique chimique de l'ULB travaille sur la province de Kola depuis près d'une quinzaine d'années, en étroite collaboration avec les collègues russes du *Geological Institute, Kola Science Centre of the Russian Academy of Science* (Apatity, Russie). Ces travaux ont démarré dans le cadre d'un projet INTAS (n° 94-2621) et ont conduit à deux thèses de doctorat, trois mémoires de licence et plusieurs articles publiés (VERHULST *et al.* 2000; BRASSINNES *et al.* 2003, 2005; DOWNES *et al.* 2005; FEMENIAS *et al.* 2005).

Un résumé des données, des travaux publiés et des interprétations est présenté ci-après; le lecteur intéressé se référera au papier de revue de DOWNES *et al.* (2005) pour de plus amples informations.

Certains massifs de la province de Kola sont caractérisés par une grande diversité lithologique. Le massif de Kovdor, le plus grand de la province (40 km<sup>2</sup>), peut être pris comme massif de référence (VERHULST *et al.* 2000). Il a été particulièrement étudié en raison des deux exploitations majeures, toujours en activité: 1) le dépôt de magnétite-apatite associé aux carbonatites et aux phosphorites; 2) le dépôt de phlogopite-vermiculite (paléosol) associé aux roches ultramafiques.

Le massif de Kovdor (carte géologique schématique à la figure 4) est une intrusion concentrique polyphasée qui comprend trois unités lithologiques majeures que nous proposons d'appeler la trilogie UAC:

— **Des cumulats ultramafiques:** on y reconnaît des olivinites (ce sont en fait des dunites à magnétite), des wehrlites et des clinopyroxénites. Ils forment le

cœur du massif qui est ceinturé par un anneau incomplet de mélilitolites/turjaïtes (cumulats de mélilite).

- Des roches silicatées alcalines, essentiellement représentées par des syénites à néphéline souvent à texture agpaïtique et par des roches de la série urtite-ijolite-melteigite.
- Des carbonatites: on distingue plusieurs générations de carbonatites. Les carbonatites à calcite de première génération sont suivies par des carbonatites à dolomite et finalement par des ferrocarnatites tardives. A chaque génération de carbonatite, on trouve associées des phoscorites qui sont des roches grossièrement grenues, d'origine cumulative probable, et composées de cristaux automorphes de magnétite, apatite et d'un minéral silicaté (forstérite, diopside ou phlogopite), de minéraux accessoires caractéristiques (pérovskite, pyrochlore, baddeleyite), le tout emballé par des carbonates interstitiels.

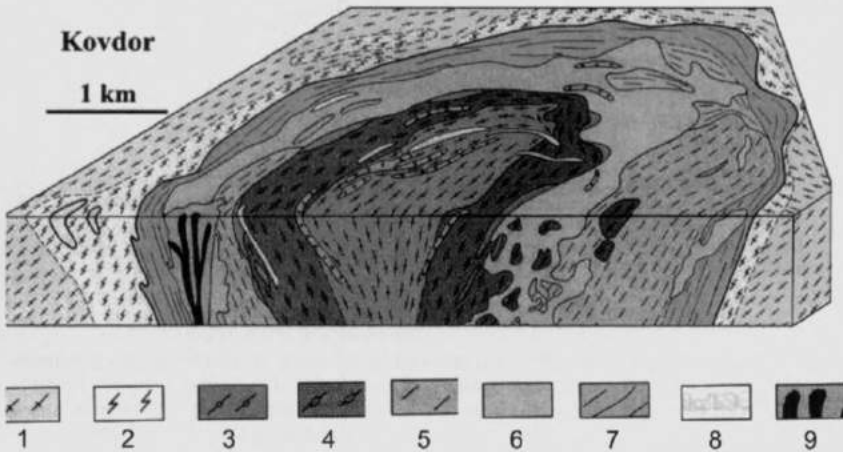


Fig. 4. — Carte géologique schématique du massif concentrique polyphasé de Kovdor (d'après KUKHARENKO *et al.* 1965 et BULAKH *et al.* 2004). 1: gneiss; 2: fénite; 3: olivinite; 4: péridotite; 5: clinopyroxénite; 6: mélilitolite; 7: ijolite-melteigite; 8: carbonatite; 9: phoscorite.

#### CARACTERISTIQUES PETROGRAPHIQUES, GEOCHIMIQUES ET ISOTOPIQUES

Le statut pétrographique des carbonatites (cumulats de carbonates ou liquides magmatiques) est difficile à préciser car les structures magmatiques primaires tendent à être plus ou moins profondément effacées par les processus de recristallisation subsolidus aisée des carbonates et/ou par l'effet de la phase fluide post-magmatique ou hydrothermale. L'approche géochimique permet cependant de montrer que les carbonatites plutoniques et les phoscorites sont vraisemblablement des cumulats puisque, dans le diagramme MgO-SiO<sub>2</sub> (fig. 5, d'après DOWNES *et al.* 2005, modifié), les roches cumulées ont des compositions qui s'interprètent aisément en termes de mélange en proportions variables de leurs miné-

raux constitutifs (olivine, diopside, néphéline, calcite, dolomite, méllilite, phlogopite). Ainsi, on observe des tendances régulières et continues entre les carbonatites et les divers cumulats ultramafiques (olivinite, clinopyroxénites). Les compositions des phoscorites se situent entre les pôles de la calcite et d'un minéral silicaté.

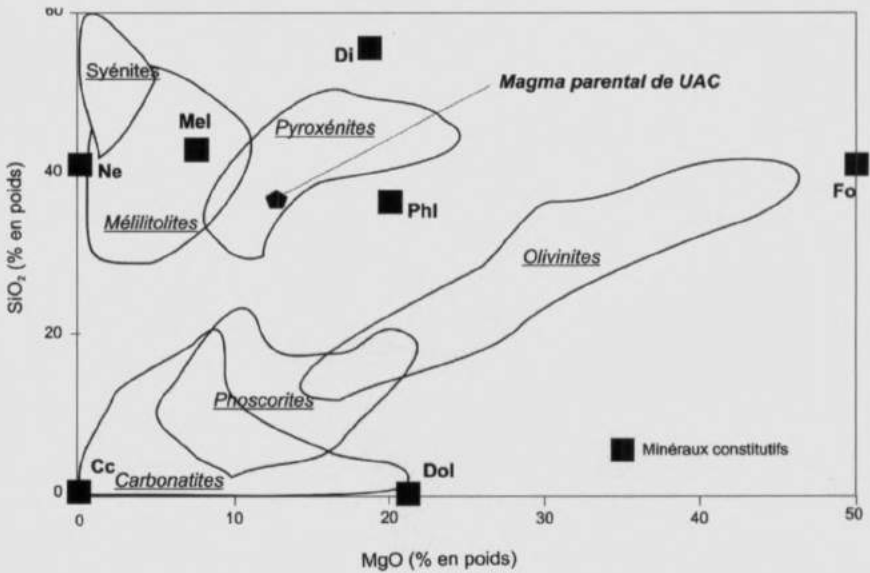


Fig. 5. — Diagramme MgO-SiO<sub>2</sub> (% poids) montrant les domaines de composition des principales roches des massifs ultramafiques, alcalins et carbonatitiques (UAC). Les compositions des minéraux constitutifs sont représentées par des carrés: Fo = forstérite, Di = diopside, Phl = phlogopite, Mel = méllilite, Ne = néphéline, Cc = calcite, Dol = dolomite (modifié d'après DOWNES *et al.* 2005).

L'interprétation géochimique des spectres de terres rares et des éléments en traces a été faite par VERHULST *et al.* (2000) pour le massif de Kovdor et par DOWNES *et al.* (2005) pour la province de Kola en général. Ces résultats ne seront pas rediscutés en détail ici. Retenons simplement que les carbonatites sont en général extrêmement enrichies en certains éléments incompatibles comme Sr (1 000 à 10 000 ppm), Ba (300-5 000 ppm), Nb (jusque 15 000 ppm) et en terres rares (100 à 16 000 ppm La) (*cf.* aussi la compilation de WOOLLEY & KEMPE 1989).

Le magma parental qui a engendré la diversité lithologique des complexes UAC par différenciation-cristallisation n'est pas directement accessible. Les seuls échantillons que l'on puisse interpréter comme des liquides magmatiques sont les roches des différents essaies de dykes (méllilite à olivine, néphéline à olivine, lamprophyre ultramafique,...) et les pipes de kimberlite que l'on trouve très étroitement associés spatialement aux différentes intrusions. La compilation

de DOWNES *et al.* (2005) montre que ces magmas silicatés ont des compositions très primitives, proches de celles des magmas parentaux. Ils sont fortement sous-saturés en silice (15-40 %  $\text{SiO}_2$ ), très magnésiens (> 12 %  $\text{MgO}$ ), très calciques ( $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$  de 1 à >5), pauvres en alcalins ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} < 5\%$ ) et très riches en volatiles (perte au feu: 3-15 %). Tous ces magmas présentent un très net enrichissement en terres rares ( $\text{La}_N$ : 500-800, clairement supérieur à celui des basaltes alcalins océaniques OIB) et un profil très pentu ( $\text{La}/\text{Yb}$ : 70-200). Les teneurs en terres rares lourdes ( $\text{Yb}_N < 10$ ) sont par contre inférieures à celles des OIB. Ces caractéristiques géochimiques résultent d'un taux de fusion faible (0,1 à 3 %) d'un manteau de type Iherzolite à grenat probablement enrichi par métamorphisme et qui contenait du carbonate.

Les compositions isotopiques initiales (recalculées à 380 Ma) du Sr ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ), et du Nd ( $\epsilon\text{Nd}$ ) montrent, pour l'ensemble des lithologies (cumulats ultramafiques, carbonatites-phoscorites, syénites à néphéline), des gammes de valeurs assez restreintes (*cf.* compilation de DOWNES *et al.* 2005): respectivement 0,7030-0,7041 (quelques rares valeurs jusque 0,7049) et de + 7,3 à + 0,4 (une ijolite contaminée de Kovdor à -3,5). Les teneurs en Sr et terres rares des carbonatites étant très nettement supérieures à celles de la croûte continentale, il en résulte que toute assimilation de matériel crustal par le magma parental n'est pas détectable. Les compositions isotopiques Sr-Nd de ce magma reflètent donc directement celles de la région-source. Les carbonatites peuvent donc être utilisées comme traceur de (ou comme fenêtre sur) la composition du manteau supérieur sous-continentale. Les données isotopiques pour la province de Kola tombent dans le quadrant supérieur gauche du diagramme de covariation isotopique Sr-Nd (fig. 6), ce qui correspond au domaine du manteau appauvri (réservoir *depleted mantle*, DM). La région-source dont est issu la magma parental est donc caractérisée par un appauvrissement intégré sur le temps en éléments incompatibles (Rb et terres rares légères). L'enrichissement métasomatique du manteau sous la péninsule de Kola, suggéré par les teneurs très élevées en ces mêmes éléments incompatibles, est donc un événement géologique relativement récent, quelque 200 à 300 Ma avant le magmatisme, en accord avec le modèle d'évolution géophysique proposé par ARTEMIEVA (2003). Il ne peut donc pas dater de l'épisode de structuration archéen et paléoprotérozoïque (stabilisation du craton est-européen). Dans le détail cependant, il apparaît que le domaine occupé par les roches de la province alcaline de Kola est caractérisé par des valeurs ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ) inférieures et des  $\epsilon\text{Nd}$ , supérieures au manteau appauvri source des MORB. Ces valeurs correspondent plutôt au réservoir mantellique de type FOZO (pour *Focal Zone*), récemment redéfini par STRACKE *et al.* (2005). Les rares échantillons qui s'écartent de ce réservoir FOZO peuvent résulter d'un mélange entre deux, voire trois, sources mantelliques et/ou crustales.

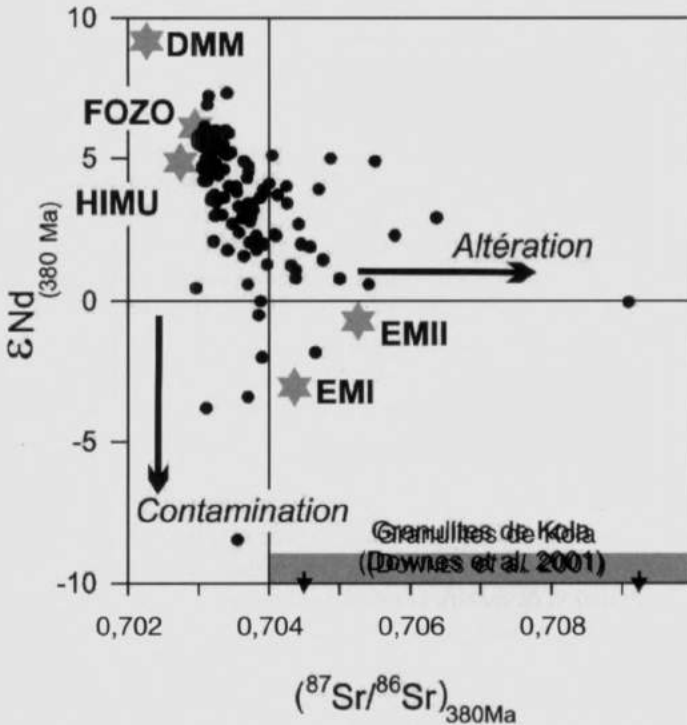


Fig. 6. — Diagramme isotopique  $^{87}Sr/^{86}Sr$ - $\epsilon_{Nd}$  pour les roches des complexes UAC de la péninsule de Kola (d'après DOWNES *et al.* 2005).

La composition isotopique des gaz rares, en particulier de l'hélium ( $^4He/^3He$ ), a été déterminée pour de nombreux minéraux et roches de la province de Kola (TOLSTIKHIN *et al.* 1998, 2002). Dans certains échantillons, l'abondance d' $^3He$  est très élevée ( $4 \times 10^{-9}$  cc/g) et le rapport  $^4He/^3He$  ( $3.3 \times 10^4$ ) significativement inférieur à la moyenne des MORB ( $8.9 \times 10^4$ ), ce qui est un argument en faveur de la contribution d'un composant enrichi en  $^3He$ , probablement issu du manteau inférieur (plume?).

### Les massifs carbonatitiques en Afrique centrale. Le cas du massif de Matongo (Burundi)

Plus de huit cent cinquante occurrences de massifs alcalins et/ou carbonatitiques (et plus de cent kimberlites ou lamproïtes) ont été reconnues sur le continent africain (fig. 1, d'après WOOLLEY 2001), ce qui représente 40 % des occurrences connues. Leur âge s'échelonne de 2 000 Ma (Phalaborwa, Afrique du



Sud) à actuellement (Oldoinyo Lengai, Tanzanie), avec deux pics d'abondance au Paléozoïque inférieur et au Crétacé. La distribution spatiale des carbonatites africaines se présente comme suit (WOOLLEY 1987, 2001):

- La moitié est spatialement associée au rift africain;
- En Afrique du Sud et en Angola, certains massifs sont alignés (colinéaires) avec les grandes failles transformantes de l'Atlantique-Sud;
- D'autres encore sont associées à des bombements crustaux, comme au Kenya.

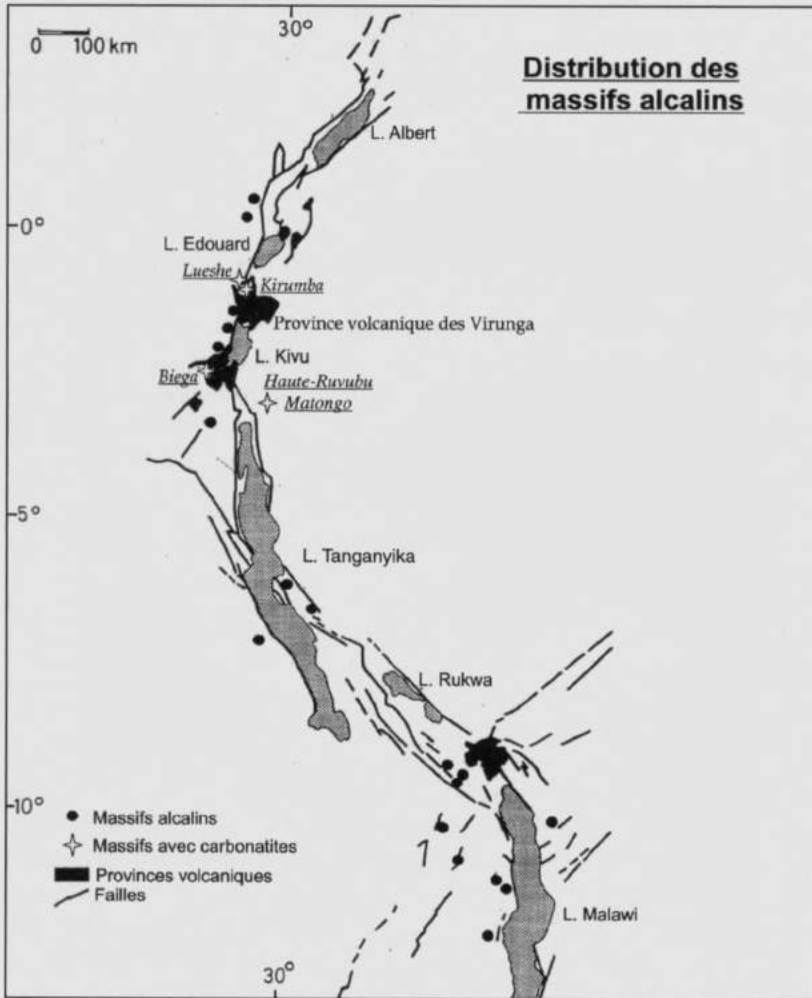


Fig. 7. — Distribution des massifs alcalins d'âge néoprotérozoïque le long de la branche ouest du rift africain (d'après TACK *et al.* 1984). Les massifs avec carbonatites sont représentés par des étoiles, les autres par des ronds noirs.

En Afrique centrale, TACK *et al.* (1984) et KAMPUNZU *et al.* (1985) ont reconnu vingt-trois massifs alcalins plutoniques d'âge néoprotérozoïque (700-740 Ma) répartis le long de la branche ouest du rift africain sur environ 1 700 km (fig. 7). Certains de ces massifs comprennent des carbonatites comme à Biega, Lueshe (VAN OVERBEKE *et al.* 1996) et Kirumba.

Au Burundi, un seul massif alcalin a été identifié: il s'agit du massif de la Haute-Ruvubu (encore appelé Kayanza), d'âge néoprotérozoïque (U-Pb sur zircon: 739 +/-7 Ma; isochrone Rb-Sr sur roches totales: 699 +/-13 Ma). TACK *et al.* (1984) ont reconnu deux unités principales: une unité externe constituée de granite et de syénite quartzique, avec des quantités subordonnées de gabbro à olivine et de diorite, et une unité centrale constituée de syénite agpaïtique à néphéline, aegyrine et arfvedsonite, d'ijolite et de pyroxénite. A ce massif alcalin plutonique est associée une carbonatite, dénommée «carbonatite de Matongo» (fig. 8): elle n'affleure pas mais a été reconnue par sondages dans une zone où la syénite quartzique est profondément altérée (kaolinisation). Une quarantaine de sondages ont permis de délimiter la forme et l'extension du corps carbonatitique: il se présente comme un ellipsoïde de 2 500 x 500 m et a été recoupé entre 50 et 100 m de profondeur. La carbonatite recoupe à la fois l'encaissant métamorphique constitué de micaschistes et métaquartzites du Burundien (= Kibarien: 1 350-1 180 Ma) et les syénites à néphéline de la Haute-Ruvubu. La carbonatite a induit le développement métasomatique de fénites potassiques (orthoclasites). TACK *et al.* (1984) ont observé une brèche magmatique recoupée par des veinules de carbonatite à apatite dans la masse de syénite à néphéline, au nord du corps carbonatitique enfoui (fig. 8).

L'étude pétrographique, minéralogique et géochimique de la carbonatite a fait l'objet de la thèse de doctorat de MIDENDE (1984). Seul un résumé succinct de cette étude est présenté ici. Quatre types de carbonatite ont été distingués:

- Une calciocarbonatite grossièrement grenue (sövite) avec de grands (0,5 à 2 cm) cristaux de calcite spathique et de rares apatites en grains arrondis.
- Une calciocarbonatite moyennement grenue (0,1 à 0,4 cm) qui contient de la calcite bien cristallisée, de l'apatite automorphe, de l'aegyrine localement transformée en arfvedsonite, de la pyrite et de petits grains de pyrochlore. Cette carbonatite emballe des enclaves de carbonatite grossière.
- Une ferrocyanatite qui comprend des petits (< 0,1 cm) grains de carbonate riche en ankérite, de la magnétite automorphe et un peu d'apatite. Cette ferrocyanatite se présente en petits dykes étroits et en veinules recoupant le faciès principal.
- Une carbonatite tardive à grains très fins imprégnés de limonite; elle présente localement un aspect bréchiq.

Localement, la carbonatite principale renferme des nodules riches en apatite et/ou aegyrine emballés par la calcite interstitielle avec de petits pyrochlores; il s'agit de cumulats à apatite. La partie supérieure du corps carbonatitique est for-

### Massif alcalin Haute-Ruvubu – Matongo

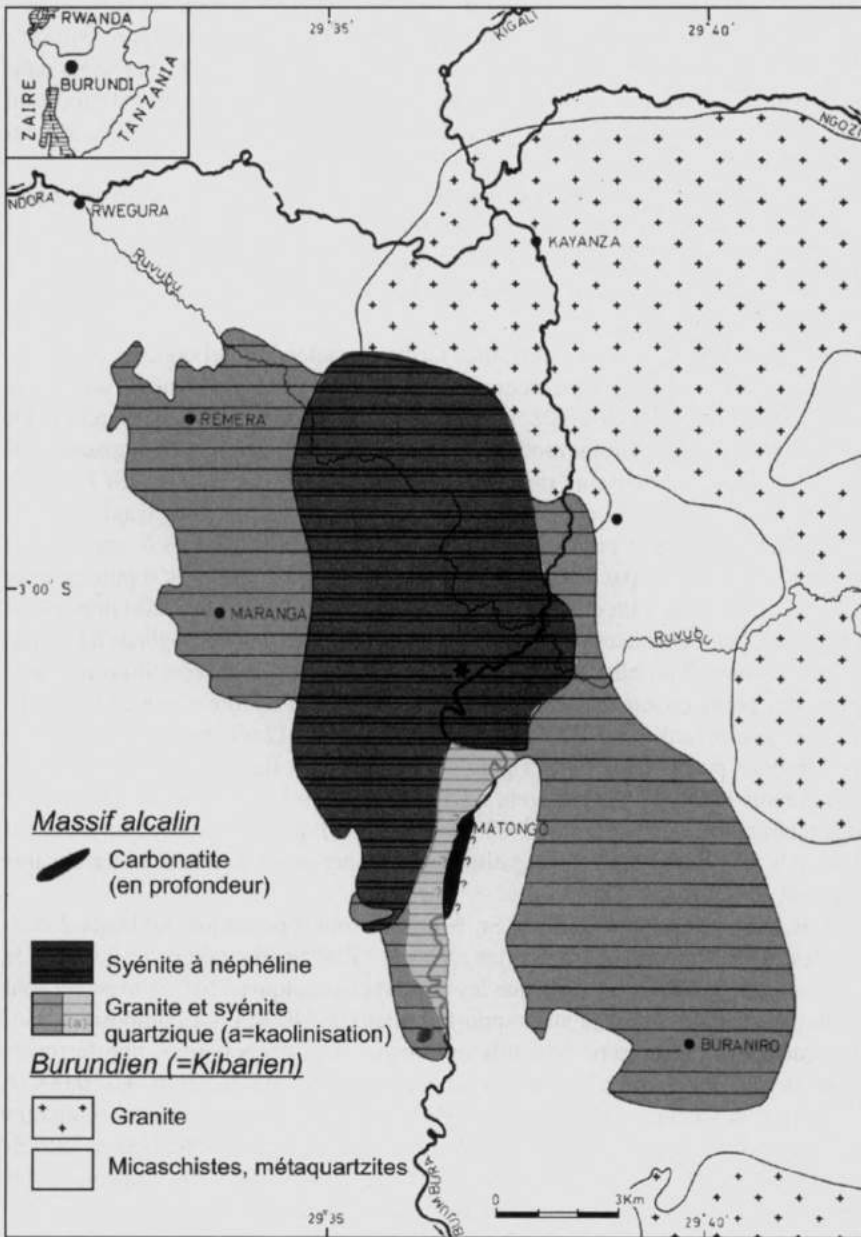


Fig. 8. — Carte géologique schématique du massif alcalin de la Haute-Ruvubu et de la carbonatite de Matongo (Burundi) (d'après Tack *et al.* 1984).

tement bréchifiée avec un ciment riche en phosphate ( $> 15\%$   $P_2O_5$ ), qui est équivalent à la brèche staffelitique décrite par KAPUSTIN (1980) dans les carbonatites de Kola. Certains échantillons ont des caractéristiques pétrographiques hybrides: ils sont constitués de minéraux silicatés plus ou moins corrodés emballés dans une matrice carbonatée. Il pourrait s'agir de roches de l'encaissant extrêmement fénitisées et envahies par le magma carbonatitique: ce sont des silicocarbonatites.

FRANSOLET & TACK (1992) ont décrit de spectaculaires cristaux prismatiques de zircon trapu automorphe de grande taille (de 2 à 4 cm) dans une zone près de la limite septentrionale de la carbonatite. Les caractéristiques morphologiques de ces cristaux sont typiques des zircons de roches alcalines (indice d'opacité élevé).

A l'exception des ferrocronatites tardives, toutes les carbonatites analysées (MIDENDE 1984) sont typiquement des calcicronatites. Les teneurs en  $SiO_2$  et  $P_2O_5$  sont variables (0,28 à 6,28 % et 0 à 4,7 % respectivement), ce qui reflète les variations des proportions modales des minéraux silicatés et de l'apatite. Les cumulats à apatite-aegyrine ont jusqu'à 10 %  $P_2O_5$ . Les teneurs en Sr sont très élevées (4 500 à 8 000 ppm) dans les carbonatites de Matongo (sauf dans les veines de carbonatite tardive, 1 250 ppm) et dans les cumulats à apatite. Les teneurs en Nb et Ta, par contre, sont assez basses ( $< 50$  ppm et  $< 6$  ppm respectivement), sauf dans un cumulat à apatite riche en pyrochlore (2 200 ppm Nb et 20,4 ppm Ta). Les teneurs en U et Th sont variables et non homogènes à l'échelle d'un échantillon; elles sont vraisemblablement liées à la répartition inhomogène des petits cristaux de pyrochlore. Un cumulat à apatite a ainsi 44 ppm U. La carbonatite tardive est extrêmement enrichie en Th (2 605 ppm!), ce qui a déjà été observé par LE BAS (1987) pour les carbonatites du Kenya. Les profils de terres rares (analyses J. Hertogen, KUL, in MIDENDE 1984) sont caractérisés par des teneurs élevées ( $La_N$ : 330 à 620 x chondrites) qui apparaissent directement liées à la proportion modale d'apatite, et par un net enrichissement en terres rares légères,  $(La/Yb)_N$ : 41-82.

Les compositions isotopiques Sr, Nd et Pb sont reprises aux tableaux 2 et 3. Toutes les roches analysées ont des rapports  $^{87}Rb/^{86}Sr$  très faibles ( $< 0,025$  et le plus souvent  $< 0,007$ ) de sorte que les rapports isotopiques  $^{87}Sr/^{86}Sr$  mesurés sont pratiquement assimilables aux rapports initiaux à 740 Ma. La composition isotopique moyenne de sept échantillons (quatre calcicronatites, une ferrocronatite et deux cumulats à apatite-aegyrine) est de  $0,70326 \pm 0,00016$  (2sigma); la valeur recalculée à 740 Ma est de 0,70321. Les silicocarbonatites sont significativement enrichies en Rb; elles ont des rapports  $^{87}Rb/^{86}Sr$  et  $^{87}Sr/^{86}Sr$  mesurés sensiblement plus élevés (0,1 à 0,4 et 0,7045 à 0,7070). Cependant, les rapports initiaux sont comparables à ceux des carbonatites, ce qui signifie que l'essentiel du Sr est d'origine carbonatitique. Les syénites à felspathoïde étudiées par TACK *et al.* (1984) ont aussi un rapport initial (déduit de l'isochrone sur roches totales) voisin de 0,7035 suggérant que syénites et carbonatites sont cogénétiques et comagmatiques.

**Tableau 2**

Données isotopiques Rb-Sr et Sm-Nd pour le massif carbonatique de Matongo

N° échant.	Nom	Rb (ppm)	Sr (ppm)	<sup>87</sup> Rb/ <sup>86</sup> Sr	<sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr	( <sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr) <sub>t</sub>	Sm (ppm)	Nd (ppm)	<sup>147</sup> Sm/ <sup>144</sup> Nd	<sup>143</sup> Nd/ <sup>144</sup> Nd	E <sub>rel</sub> (t)
Gi 1	carbonatite	14,3	5865	0,0071	0,703016	0,70294	11,76	98,0	0,0725	0,512273	4,6
Gi 2	carbonatite	20,7	4473	0,0134	0,703247	0,70311	20,6	155,2	0,0802	0,512233	3,1
Gi 3	carbonatite	4,3	7844	0,0016	0,703159	0,70314	8,94	68,9	0,0784	0,512330	5,2
Gi 10	carbonatite	3,7	4516	0,0024	0,703592	0,70357					
Gi 5	silicocarbonatite	277	1988	0,4031	0,707029	0,70280					
Gi 14	silicocarbonatite	125	3855	0,0938	0,704494	0,70350					
Gi 15	silicocarbonatite	117	1232	0,2747	0,706903	0,70400	7,85	50,9	0,0932	0,512303	3,3
Gi 16	ferrocarbonatite	8,8	3838	0,0066	0,703279	0,70321	14,2	108,6	0,0790	0,512205	2,7
Gi 11	cumulat à apatite	4,2	1984	0,0061	0,703508	0,70344	14,0	115,4	0,0733	0,512052	0,2
Gi 12	cumulat à apatite	0,2	7106	0,0001	0,703061	0,70306					
Gi 17	carbonatite tardive	11,6	1251	0,0268	0,714529	0,71425	47,15	33,90	0,8398	0,513487	-44

**Tableau 3**

Données isotopiques U-Th-Pb pour les carbonatites de Matongo (Burundi)

N° échant.	Nom	U* (ppm)	Th** (ppm)	Pb* (ppm)	<sup>206</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb	<sup>207</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb	<sup>208</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb
Gi 1 a	carbonatite	0,39	2,84	6,5	23,446	16,053	38,654
Gi 1 b	carbonatite	16,2	2,84	8,5	40,501	17,062	39,337
Gi 1 c	carbonatite	0,36	2,84	6,4	23,376	16,050	38,650
Gi 2 a	carbonatite	18,8	10,1	9,6	46,559	17,439	39,510
Gi 2 b	carbonatite	0,7	10,1	6,9	20,181	15,775	42,675
Gi 2 c	carbonatite	16,0	10,1	8,4	40,302	17,045	39,318
Gi 3	carbonatite	0,36	0,54	3,98	22,465	16,008	43,004
Gi 15	silicocarbonatite	0,7	nd	3,6	24,212	16,081	48,500
Gi 16	ferrocarbonatite	1,7	7,8	9,0	20,978	15,868	39,892
Gi 11	cumulat à apatite	42,0	2,83	14,8	108,96	21,395	40,185
Gi 17	carbonatite tardive	4,0	2605	48	21,984	16,102	144,85

\* Dilution isotopique.

\*\* Activation neutronique.

Les rapports isotopiques  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  sont bien groupés et les valeurs des  $\epsilon\text{Nd}_{(740\text{ Ma})}$  sont positives (+ 2,7 à + 5,1) avec un cumulat à apatite à + 0,24. Quatre échantillons du massif syénitique ont été analysés par TACK *et al.* (1984): la gamme de valeurs (+ 0,7 à + 3,6) recouvre largement celle des carbonatites. L'ensemble des données isotopiques Sr-Nd suggère une source commune pour le massif alcalin de la Haute-Ruvubu et pour les carbonatites de Matongo. Le magma parental est dérivé d'une source légèrement appauvrie en éléments incompatibles (fig. 9), mais moins appauvrie que le réservoir DM, source des ophiolites panafricaines ( $\epsilon\text{Nd}$ : ~+7; DUYVERMAN *et al.* 1982).

Les compositions isotopiques initiales de la carbonatite tardive Gi 17, à savoir  $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_{740\text{ Ma}} = 0,71425$  et  $\epsilon\text{Nd}_{(740\text{ Ma})} = -44$ , sont clairement distinctes de celles des autres roches du massif. Ces valeurs suggèrent une origine crustale pour le Sr et les terres rares de ces veinules tardives.

Les compositions isotopiques du Pb et les teneurs en U et Th (tab. 3) ont été mesurées pour six carbonatites et un cumulat à apatite. La distribution du pyrochlore uranifère est très hétérogène dans certains échantillons (Gi 1 et Gi 2 par exemple), de sorte que les teneurs en U (obtenues par dilution isotopique) sont aussi variables (0,4 à 16 ppm pour le même échantillon) suivant la prise (120 à 200 ng). Un comportement similaire a été observé par SCHLEICHER *et al.* (1997) pour une carbonatite à ankérite de Sevattur (Inde): le rapport  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  mesuré pour trois prises de l'échantillon Sev181 varie de 18,62 à 268,0. La composition isotopique du Pb a été mesurée trois fois pour Gi 1 et Gi 2; au total, il y a donc onze analyses isotopiques. Les rapports isotopiques  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  et  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  mesurés montrent de très larges variations: de 20,18 à 108,96 (pour le cumulat à apatite, riche en U) et de 15,77 à 21,39. Le rapport  $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ , par contre, ne varie que très légèrement, de 38,65 à 39,34, sauf pour la carbonatite tardive Gi 17, extrêmement enrichie en Th (2 605 ppm) et qui a donc un rapport de 144,85. Dans le diagramme  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} - ^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  (fig. 9), les échantillons de Matongo, à l'exception de la carbonatite tardive Gi 17, s'alignent le long d'une droite située à droite de la géochrone. Cette droite n'est pas une isochrone secondaire au sens strict, c'est une erreurchrone (MSWD > 25) qui correspond à un âge de 690 +/- 32 Ma. Aux erreurs analytiques près, cet âge Pb/Pb est assez comparable aux âges (gamme de 699 à 739 Ma) obtenus par TACK *et al.* (1984) pour la syénite à néphéline de la Haute-Ruvubu. Cette correspondance démontre la fiabilité de la méthode isotopique Pb-Pb sur roches totales pour la détermination de l'âge de mise en place des massifs carbonatitiques. Cette approche a été proposée pour la première fois par ANDERSEN & TAYLOR (1988) pour la carbonatite de Fen et appliquée par SCHLEICHER *et al.* (1997) pour la carbonatite protérozoïque de Sevattur (Inde) et par VEENA *et al.* (1998) pour les carbonatites de Sung Valley (Inde). Dans le diagramme  $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} - ^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ , les points ne définissent pas de relation linéaire.

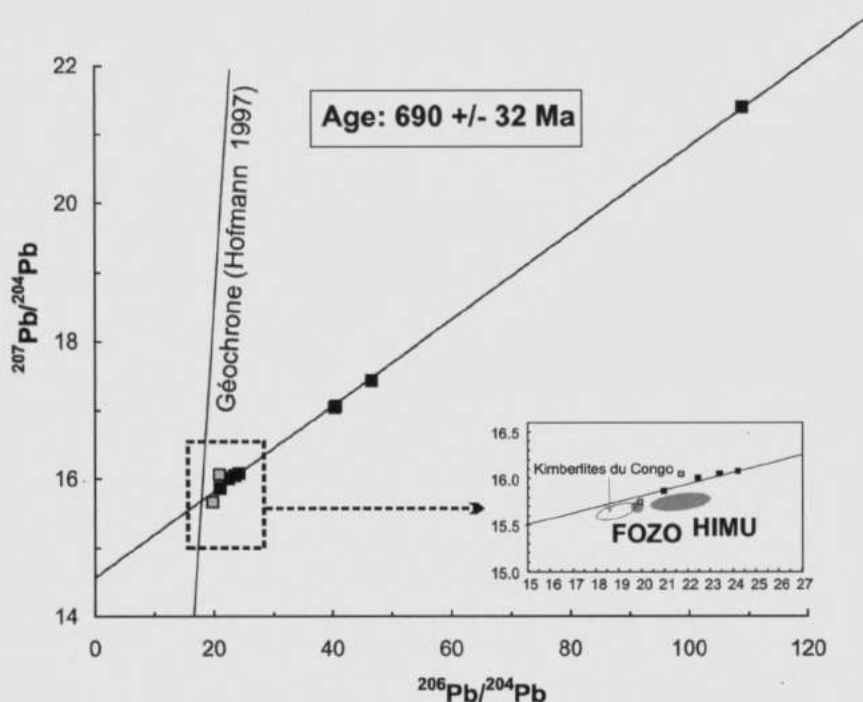


Fig. 9. — Diagramme  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  -  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  pour les carbonatites de Matongo (les deux échantillons représentés par des carrés blancs n'ont pas été utilisés pour le calcul de la droite de régression). Pour comparaison, ont été reportées la géochrone (HOFMANN 1997), la position des réservoirs mantelliques FOZO et HIMU et le domaine de composition des kimberlites du Congo (WEIS & DEMAIFFE 1985).

La valeur  $\mu_1$  ( $^{238}\text{U}/^{204}\text{Pb}$ ) de la région-source pour un modèle d'évolution isotopique du Pb en un stade est de 8,33, ce qui est significativement plus élevé que la valeur du manteau-source des MORB (7,9; suivant le modèle *Plumbotectonics* de ZARTMAN & DOE 1981). L'isochrone Pb-Pb de Matongo se situe au-dessus de la courbe d'évolution du manteau et du domaine des kimberlites du Congo (WEIS & DEMAIFFE 1985), ce qui requiert une source avec un rapport  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  plus élevé que celui du manteau et comparable à celui de la croûte continentale supérieure. Dans leur étude de la carbonatite de Fen, ANDERSEN & TAYLOR (1988) montrent que la composition isotopique du Pb d'un échantillon composite des roches encaissantes du massif carbonatitique se situe sur l'isochrone Pb-Pb de la carbonatite, ce qui signifie effectivement que la majeure partie du Pb du massif pourrait être d'origine crustale.

### Modèle pétrogénétique

La pétrogenèse des magmas carbonatitiques fait depuis plus de quarante ans l'objet de débats passionnés. Les travaux de pétrologie expérimentale dans ce domaine sont particulièrement complexes et il n'est pas possible de les envisager en détail dans le cadre de cet article de synthèse. Retenons simplement que quatre modèles ont été proposés pour expliquer la genèse des magmas carbonatitiques.

- La fusion partielle d'une lherzolite carbonatée fertile (DALTON & PRESNALL 1998, MOORE & WOOD 1998): ce mécanisme peut conduire à la formation d'un magma primaire de composition magnésiocarbonatitique. Ce liquide réagit ensuite avec l'orthopyroxène du manteau transformant la lherzolite en wehrlite et produisant un liquide calciocarbonatitique, suivant la réaction:



- La cristallisation fractionnée d'un magma silicaté sous-saturé en silice et riche en CO<sub>2</sub> (originellement proposé par LE BAS 1977). Le fractionnement intensif de minéraux silicatés conduit à la formation des cumulats ultramafiques et des mélilitolites et enrichit le magma résiduel en carbonates et en alcalins. Dans la province de Kola, de tels magmas silicatés sous-saturés (néphélinites, mélilitites, lamprophyres ultramafiques) sont présents sous formes d'essaims de dykes étroitement associés aux massifs ultramafiques et carbonatitiques.
- L'immiscibilité de liquides. Un liquide carbonatitique peut se former par immiscibilité à partir d'un magma silicaté et carbonaté de départ. Démonstré expérimentalement dans les années 1960, déjà à partir d'un liquide primaire de composition simple, ce processus a été extensivement étudié par Wyllie *et al.* (voir les synthèses de LEE & WYLLIE 1998a, 1998b; WYLLIE & LEE 1998). Le domaine d'immiscibilité entre un liquide carbonatitique et un liquide silicaté riche en alcalins (de type phonolite) fluctue fortement en fonction de la composition du système (variations des rapports Mg/Ca, K/Na, Al/Si), du contenu en volatiles (H<sub>2</sub>O et CO<sub>2</sub>) et de la pression.
- La fusion d'éclogite carbonatée en zone de subduction (YAXLEY & BREY 2004, DASGUPTA *et al.* 2005).

Indépendamment de la façon dont le magma carbonatitique est produit, le mécanisme initial qui conduit à la fusion fait aussi l'objet de controverses. Les deux mécanismes le plus souvent invoqués sont:

- Le modèle du point chaud ou plume (*hot spot*) considère que la genèse du magma carbonatitique, et plus généralement du magmatisme alcalin, est indépendante de la lithosphère. La fusion aurait lieu lors de la montée diapi-



rique adiabatique de la plume, quelle que soit sa profondeur d'origine (couche D'' à la limite du manteau-noyau à 2 900 km de profondeur ou discontinuité sismique secondaire de 670 km de profondeur à la limite entre la zone de transition et le manteau profond). Le magmatisme alcalin de l'archipel d'Hawaii est le paradigme du modèle du point chaud caractérisé par l'augmentation progressive et régulière de l'âge du magmatisme lorsque l'on s'éloigne du volcan actif (*hop spot trail*). BELL (2001) reprend ce modèle pour le magmatisme carbonatitique: ses principaux arguments sont la signature isotopique HIMU ou FOZO (déduite des isotopes Pb, Nd et Sr) considérée comme d'origine profonde et les rapports isotopiques  $^4\text{He}/^3\text{He}$  inférieurs à ceux des MORB.

- Le modèle de la réactivation (ou réjuvenation) des structures lithosphériques anciennes considère au contraire que la localisation du magmatisme alcalin est strictement dépendante du rejeu de linéaments (ou zones de fracture ou de rifts). La fusion intervient lors de la décompression liée aux mouvements le long de ces zones suite aux événements tectoniques qui affectent continuellement les plaques lithosphériques. Initialement proposé par BAILEY (1977) et repris par BLACK & LIEGEOIS (1993), ce modèle a été récemment appliqué au magmatisme carbonatitique par BURKE *et al.* (2003) et BAILEY & WOOLLEY (2005). Ces derniers insistent sur les deux caractéristiques principales qui ne cadrent pas avec le modèle du point chaud: 1) il n'y a en général pas, sur les continents, d'alignements magmatiques dont l'âge des manifestations varie de façon progressive et régulière; 2) sur un continent donné, en particulier sur la plaque africaine, les manifestations du magmatisme carbonatitique se répètent de façon épisodique et synchrone en différents sites. Dans la région de Rungwe, à l'intersection des deux branches, est et ouest, du rift africain (à l'extrémité sud du craton tanzanien), cinq épisodes de magmatisme alcalin ont été mis en évidence, depuis le Protérozoïque (~1350 Ma) jusqu'actuellement, ce qui implique la réactivation tectonique de conduits préexistants. Pendant ce très long laps de temps, la plaque africaine a migré sur le manteau sous-jacent sur plus de 110° de latitude (données paléomagnétiques). La zone du manteau échantillonnée par ce magmatisme, riche en alcalins et en volatiles ( $\text{CO}_2$ ), a donc nécessairement été réapprovisionnée avant chaque épisode. Ce type d'activité magmatique répétée n'est donc évidemment pas indépendant de la structure de la lithosphère. Par ailleurs, les âges des épisodes magmatiques alcalins correspondent à ceux des événements orogéniques, en particulier au cours du Méso-cénozoïque, aux différents épisodes de collision entre l'Afrique et l'Europe (voir LIEGEOIS *et al.* 2005 pour le magmatisme alcalin du Hoggar). L'argument tiré des gaz rares (abondance en  $^3\text{He}$  et rapport  $^4\text{He}/^3\text{He}$  faible) a lui aussi été réévalué par MEIBOOM *et al.* (2003): il semble qu'il ne reflète pas nécessairement une origine dans le manteau profond.

### Conclusions

Par rapport au magmatisme tholéiitique des dorsales médio-océaniques et au magmatisme calco-alcalin des zones de subduction, le magmatisme alcalin intra-plaque, en général, et le magmatisme carbonatitique, en particulier, ne représentent, en volume, qu'une fraction négligeable des magmas mis en place en surface ou dans la croûte.

Les carbonatites ont néanmoins une importance primordiale car, vu leur répartition temporelle (depuis l'Archéen jusqu'actuellement) et leurs teneurs très élevées en Sr et en terres rares, elles constituent une fenêtre qui permet de suivre l'évolution géochimique du manteau sous-continentale. De plus, elles forment localement des gisements exploitables de métaux rares.

A l'échelle mondiale, la province paléozoïque de la péninsule de Kola (NO Russie), qui comprend plus de vingt intrusions, est l'exemple-type de ce magmatisme ultramafique, alcalin et carbonatitique (que nous proposons d'appeler la «trilogie UAC»). L'origine de la suite de roches par cristallisation fractionnée est établie pour certains massifs (Kovdor); le rôle de l'immiscibilité de liquide semble subsidiaire.

En Afrique, les très nombreux (plus de neuf cents) complexes alcalins, parfois avec carbonatites associées, jalonnent les deux branches du rift est-africain. Un massif peu connu, la carbonatite de Matongo (Burundi), associé au massif syénitique de la Haute-Ruvubu, est décrit brièvement; il a pu être daté à ~700 Ma par isochrone Pb-Pb. La mise en place des massifs alcalins apparaît directement contrôlée par la réactivation de linéaments (zones de fracture ou de rifts) anciens d'extension lithosphérique lors de phases orogéniques ou d'épisodes de collision plus récents.

Dans les deux provinces (Kola et Afrique centrale), la géochimie isotopique Sr-Nd indique une région-source mantellique légèrement appauvrie de longue date en éléments incompatibles. Les isotopes du Pb, par contre, indiquent une large remobilisation de Pb d'origine crustale lors de la mise en place des magmas dans la croûte continentale.

### REMERCIEMENTS

Les recherches entreprises sur les carbonatites de la péninsule de Kola ont été réalisées grâce à la collaboration active de plusieurs collègues du *Geological Institute, Kola Science Centre, Russian Academy of Sciences* (Apatity, Russie), notamment les Drs F. Mitrofanov (Directeur), E. Balaganskaya (†), I. Tolstikhin, Y. Kirnarsky, V. Vetrin et V. Nivin, dans le cadre d'un programme INTAS (n° 94-2621). Les mesures géochimiques et isotopiques ont bénéficié du soutien financier du FNRS.

L'aide du Dr S. Brassinnes (ULB) pour la réalisation des figures a été précieuse et efficace.

BIBLIOGRAPHIE

- ANDERSEN, T. & TAYLOR, P. N. 1988. Pb isotope geochemistry of the Fen carbonatite complex, S.E. Norway: age and petrogenetic implications. — *Geochim. Cosmochim. Acta*, **52**: 209-215.
- ARTEMIEVA, I. M. 2003. Lithospheric structure, composition and thermal regime of the East European Craton: implications for the subsidence of the Russian platform. — *Earth Planet. Sci. Lett.*, **213**: 431-446.
- ARZAMASTSEV, A., BEA, F., BELYATSKY, B., TRAVIN, A. & MONTERO, P. 2002. Paleozoic processes of plume-lithosphere interaction in NE Baltic shield: volume and magma generation. — In: MITROFANOV, F. (Ed.), *Geology and raw materials of the Kola peninsula*, Apatity, pp. 104-145. (en russe)
- BAILEY, D. K. 1977. Lithospheric control of continental rift magmatism. — *J. Geol. Soc. London*, **123**: 103-106.
- BAILEY, D. K. & WOOLLEY, A. 2005. Repeated, synchronous magmatism within Africa: timing, magnetic reversal and global tectonics. — In: FOULGER, G. R. *et al.* (Eds.), *Plates, plumes and paradigms*, *Geol. Soc. Amer. Spec. Pap.*, **388**: 365-377.
- BALAGANSKY, V., GLAZNEV, V. & OSIPENKO, L. 1998. Real Proterozoic evolution of the NE Baltic shield: a terrane analysis. — *Geotectonics*, **32**: 81-92.
- BELL, K. 2001. Carbonatites: relationships to mantle-plume activity. — In: ERNST, R. & BUCHAN, K. (Eds.), *Mantle plumes: their identification through time*, *Geol. Soc. Amer. Spec. Pap.*, **352**: 267-290.
- BELL, K. & KELLER, J. (Eds.) 1995. *Carbonatite volcanism. Oldoinyo Lengai and the petrogenesis of natrocarbonatite*. — Berlin, Springer-Verlag, 210 pp.
- BELL, K., KJARSGAARD, B. & SIMONETTI, A. (Eds.) 1998. Carbonatites – into the twenty-first century. — *J. Petrol.*, **39**, 220 pp.
- BLACK, R. & LIEGEOIS, J.-P. 1993. Cratons, mobile belts, alkaline rocks and continental lithospheric mantle: the Pan-African testimony. — *J. Geol. Soc. London*, **150**: 89-98.
- BRASSINNES, S., BALAGANSKAYA, E. & DEMAÏFFE, D. 2005. Magmatic evolution of the differentiated ultramafic, alkaline and carbonatite intrusion of Vuorijarvi (Kola Peninsula, Russia): a LA-ICP-MS study of apatite. — *Lithos*, **85**: 76-92.
- BRASSINNES, S., DEMAÏFFE, D., BALAGANSKAYA, E. & DOWNES, H. 2003. New mineralogical and geochemical data on the Vuorijarvi complex (Kola region, NW Russia). — *Period. Mineral.*, **62**: 79-86.
- BROGGER, W. C. 1921. Die eruptivegesteine des Kristianagebietes. IV. Dazs Fengebiet in Telemark, Norwegen. — *Videnskapps. Skrifter, Natuv. Klasse*, **9** (1920).
- BULAKH, A., IVANIKOV, V. V. & ORLOVA, M. 2004. Overview of carbonatite-phoscorite complexes of the Kola alkaline province. — In: WALL, F. & ZAITSEV, A. (Eds.), *Phoscorites and carbonatites from mantle to mine*, *Mineral. Soc. Series*, **10**: 1-37.
- BURKE, K. & KHAN, S. 2006. Geoinformatic approach to global nepheline syenite and carbonatite distribution. — *Geosphere*, **2**: 53-60.
- BURKE, K., ASHWAL, L. & WEBB, S. 2003. New way to map old sutures using deformed alkaline rocks and carbonatites. — *Geology*, **31**: 391-394.
- DALTON, J. & PRESNALL, D. 1998. The continuum of primary carbonatite-kimberlite melt composition in equilibrium with lherzolite in the system CaO-MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub> at 6 Gpa. — *J. Petrol.*, **39**: 1953-1964.

- DASGUPTA, R., HIRSCHMANN, M. & DELLAS, N. 2005. The effect of bulk composition on the solidus of carbonated eclogite from partial melting experiments at 3 GPa. — *Contrib. Mineral. Petrol.*, **149**: 288-305.
- DOWNES, H., DEMAÏFFE, D. & KRAMM, U. 2000. Alkaline magmatism and xenoliths from the Baltic shield. SVEKALAPKO project, EUROPROBE. — *Lithos*, **51**, 151 pp.
- DOWNES, H., BALAGANSKAYA, E., BEARD, A. & DEMAÏFFE, D. 2005. Petrogenetic processes in the ultramafic, alkaline and carbonatitic magmatism in the Kola alkaline province: a review. — *Lithos*, **85**: 48-75.
- DOWNES, H., MARKWICK, A., KEMPTON, P. & THIRLWALL, F. 2001. The lower crust beneath cratonic NE Europe: isotopic constraints from garnet granulite xenoliths. — *Terra Nova*, **13**: 395-400.
- DUYVERMAN, H., HARRIS, N. B. & HAWKESWORTH, C. J. 1982. Crustal accretion in the Pan African: Nd and Sr isotope evidence from the Arabian shield. — *Earth Planet. Sci. Lett.*, **59**: 315-326.
- FEMENIAS, O., COUSSAERT, N., BRASSINNES, S. & DEMAÏFFE, D. 2005. Emplacement processes and cooling history of layered cyclic unit II-7 from the Lovozero alkaline massif. — *Lithos*, **83**: 371-393.
- FRANSOLET, A.-M. & TACK, L. 1992. Les zircons de Matongo (Burundi) et leur signification. — *Ann. Soc. Geol. Belg.*, **115**: 113-118.
- GERASIMOVSKY, V., VOLKOV, V., KOGARKO, L., POLYAKO, A., SAPRYKINA, T. & BALASHOV, Y. 1966. The geochemistry of the Lovozero alkaline massif. — Canberra, Australian Univ Press, 369 pp.
- HEINRICH, H. W. 1966. The geology of carbonatites. — Chicago, Ran McNally & Co., 555 pp.
- KAMPUNZU, A., LUBALA, R., MAKUTU, M., CARON, J.-P., ROCCI, G. & VELLUTINI, P. 1985. Les complexes alcalins de la région interlacustre à l'Est du Zaïre et au Burundi: un exemple de massifs anorogéniques de relaxation. — *J. Afr. Earth Sci.*, **3**: 151-167.
- KAPUSTIN, Y. L. 1980. Mineralogy of carbonatites. — New Delhi, Amerind Publishing Co., 259 pp.
- KOGARKO, L., KONONOVA, V., ORLOVA, M. & WOOLLEY, A. 1995. Alkaline rocks and carbonatites of the World. Part 2. Former USSR. — London, Chapman and Hall, 225 pp.
- KRAMM, U., KOGARKO, L., KONONOVA, V. & VARTIANNEN, H. 1993. The Kola alkaline province of CIS and Finland: precise Rb-Sr ages define 380-360 Ma age range for all magmatism. — *Lithos*, **30**: 33-44.
- KUKHARENKO, A., ORLOVA, M., BULAKH, A., BAGDASAROV, E., RIMSKAYA-KORSAKOVA, O., NEFEDOV, E., ILINSKYI, G., SERGEEV, A. & ABAKUMOVA, N. 1965. The Caledonian complex of ultrabasic alkaline rocks of the Kola peninsula and N. Karelia. — Moscou, Nedra, 772 pp. (en russe)
- LE BAS, M. J. 1977. Carbonatite - nephelinite volcanism. — Bristol, J. Wiley, 347 pp.
- LE BAS, M. J. 1987. Nephelinites and carbonatites. — In: FITTON, G. & UPTON, B. (Eds.), Alkaline igneous rocks. *Geol. Soc. London (Spec. Publ.)*, **30**: 53-83.
- LEE, W. & WYLLIE, P. J. 1998a. Petrogenesis of carbonatite magmas from mantle to crust constrained by the system CaO-(MgO + FeO)-(Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O)-(SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+TiO<sub>2</sub>)-CO<sub>2</sub>. — *J. Petrol.*, **39**: 495-417.
- LEE, W. & WYLLIE, P. J. 1998b. Processes of crustal carbonatite formation by liquid immiscibility and differentiation elucidated by model systems. — *J. Petrol.*, **39**: 2005-2013.

- LE MAITRE, R. 2002. Igneous rocks. A classification and glossary of terms. — Cambridge Univ. Press, 236 pp.
- LIEGEOIS, J.-P., BENHALLOU, A., AZZOUNI-SEKKAL, A., YAHIAOUNI, R. & BONIN, B. 2005. The Hoggar swell and volcanism: reactivation of the Precambrian Tuareg shield during Alpine convergence and West African Cenozoic volcanism. — *In*: FOULGER, G. R. *et al.* (Eds.), Plates, plumes and paradigms, *Geol. Soc. Amer. Spec. Pap.*, **388**: 379-400.
- MARIANO, A. 1989. Nature of economic mineralization in carbonatites and related rocks. — *In*: BELL, K. (Ed.), Carbonatites: genesis and evolution. London, Unwin Hyman, pp. 94-123.
- MEIBOOM, A., ANDERSON, D. L., SLEEP, N. H., FREI, R. & WOODEN, J. 2003. Are the high  $^3\text{He}/^4\text{He}$  ratios in oceanic basalts an indicator of deep mantle components? — *Earth Planet. Sci. Lett.*, **208**: 197-204.
- MIDENDE, G. 1984. La carbonatite de Mationgo (Burundi). — ULB, Thèse Doctorat, 288 pp.
- MITCHELL, R. H. 2005. Carbonatites and carbonatites and carbonatites. — *Can. Mineral.*, **43**: 2049-2068.
- MOORE, K. R. & WOOD, B. J. 1998. The transition from carbonate to silicate melts in the CaO-MgO-SiO<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub> system. — *J. Petrol.*, **39**: 1943-1951.
- PETROV, S. V. 2004. Economic deposits associated with the alkaline and ultrabasic complexes of the Kola Peninsula. — *In*: WALL, F. & ZAITSEV, A. (Eds.), Phoscorites and carbonatites from mantle to mine, *Mineral. Soc. Series*, **10**: 469-490.
- RAMSAY, W. 1889. Geologische beobachtungen auf des halbinsel Kola. — *Fennia*, **3**, 52 pp.
- ROSATELLI, R. & STOPPA, F. 2003. European carbonatites: implications for the sub-European mantle and their geohazard potential. — *Period. Mineral.*, **72**, 251 pp.
- SCHLEICHER, H., TODT, W., VILADKAR, S. & SCHMIDT, F. 1997. Pb/Pb age determinations on the Newania and Sevattur carbonatites of India: evidence for multi-stage histories. — *Chem. Geol.*, **140**: 261-273.
- STOPPA, F. 2003. Consensus and open questions about Italian CO<sub>2</sub>-driven magma from the mantle. — *Period. Mineral.*, **72**: 1-8.
- STRACKE, A., HOFMANN, A. & HART, S. R. 2005. FOZO, HIMU and the rest of the mantle zoo. — *G*, **6**.
- TACK, L., DE PAEPE, P., DEUTSCH, S. & LIEGEOIS, J.-P. 1984. The alkaline plutonic complex of the Upper Ruvubu (Burundi): geology, age, isotopic geochemistry and implications for the regional geology of the Western rift. — *In*: KLERKX, J. & MICHOT, J. (Eds.), Tervuren, African Geology, pp. 91-114.
- TOLSTIKHIN, I., KAMENSKY, I., NIVIN, V., VETRIN, V., BALAGANSKAYA, E., IKORSKY, S., GANNIBAL, M., KIRNARSKY, Y., MARTY, B., WEIS, D., VERHULST, A. & DEMAIFFE, D. 1998. Low mantle plume component in 370 Ma old Kola ultrabasic-alkaline-carbonatite complexes. Evidence from rare gas isotopes and related trace elements. — *Russ. J. Earth Sci.* (English Transl.), **1**: 179-222.
- TOLSTIKHIN, I., KAMENSKY, I., MARTY, B., NIVIN, V., VETRIN, V., BALAGANSKAYA, E., IKORSKY, S., GANNIBAL, M., WEIS, D., VERHULST, A. & DEMAIFFE, D. 2002. Rare gas isotopes and parent trace elements in ultrabasic-alkaline-carbonatite complexes, Kola Peninsula: identification of lower mantle plume component. — *Geochim. Cosmochim. Acta*, **66**: 881-901.

- TUTTLE, O. & GITTINS, J. 1967. Carbonatites. — London, J. Wiley, 591 pp.
- VAN OVERBEKE, A. C., DEMAIFFE, D. & VERKAEREN, J. 1996. The syenite-carbonatite complex of Lueshe (NE Zaire): petrography, geochemistry and Rb-Sr chronology. — *In*: DEMAIFFE, D. (Ed.), Petrology and geochemistry of magmatic suites of rocks in the continental and oceanic crusts. Bruxelles, ULB, MRAC, pp. 355-370.
- VEENA, K., PANDEY, B., KRISHNAMURTHY, P. & GUPTA, J. 1998. Pb, Sr and Nd isotopic systematics of the carbonatites of Sung Valley, India: implications for plume-related mantle source. — *J. Petrol.*, **39**: 1875-1884.
- VERHULST, A., BALAGANSKAYA, E., KIRNARSKY, Y. & DEMAIFFE, D. 2000. Petrological and geochemical (trace elements and Sr-Nd isotopes) characteristics of the Paleozoic Kovdor ultramafic, alkaline and carbonatite intrusion (Kola Peninsula, NW Russia). — *Lithos*, **51**: 1-25.
- VON ECKERMANN, H. 1948. The alkaline district of Alnö island. — *Sveriges Geol. Unders.*, **36**, 176 pp.
- WALL, F. & ZAITSEV, A. 2004. Phoscorites and carbonatites from mantle to mines: the key example of the Kola alkaline province. — *The Mineralogical Society Series*, **10**, 498 pp.
- WALL, F., ROSATELLI, G. & STOPPA, F. 2005. Carbonatite plus: a special issue arising from the EUROCARB EST network. — *Lithos*, **85**, 172 pp.
- WEIS, D. & DEMAIFFE, D. 1985. A depleted mantle source for kimberlites from Zaire: Nd, Sr and Pb isotopic evidence. — *Earth Planet. Sci. Lett.*, **73**: 269-277.
- WINTER, J. 2001. An introduction to igneous and metamorphic petrology. — New Jersey, Prentice Hall, 697 pp.
- WOOLLEY, A. 1987. Alkaline rocks and carbonatites of the world. Part 1: N. and S. America. — London, British Museum, 282 pp.
- WOOLLEY, A. 1989. The spatial and temporal distribution of carbonatites. — *In*: BELL, K. (Ed.), Carbonatites: genesis and evolution. London, Unwin Hyman, pp. 15-37.
- WOOLLEY, A. 2001. Alkaline rocks and carbonatites of the world. Part 3: Africa. — London, Geol. Soc., 372 pp.
- WOOLLEY, A. & CHURCH, A. 2005. Extrusive carbonatites: a brief review. — *Lithos*, **85**: 1-14.
- WOOLLEY, A. & KEMPE, D. 1989. Carbonatites: nomenclature, average chemical compositions and element distribution. — *In*: BELL, K. (Ed.), Carbonatites: genesis and evolution. London, Unwin Hyman, pp. 1-14.
- WYLLIE, P. J. & LEE, W. J. 1998. Model system controls on conditions for formation of magnesiocarbonatite and calciocarbonatite magmas from the mantle. — *J. Petrol.*, **39**: 1885-1893.
- YAXLEY, G. M. & BREY, G. P. 2004. Phase relations of carbonate-bearing eclogite assemblages from 2.5 to 5.5 Gpa: implications for petrogenesis of carbonatites. — *Contrib. Mineral. Petrol.*, **146**: 606-619.
- ZARTMAN, R. E. & DOE, B. R. 1981. Plumbotectonics: the model. — *Tectonophysics*, **75**: 135-162.

## From African Ethnobotanical Biodiversity to Domestication of New Crops for Development\*

by

Patrick VAN DAMME\*\*

**SUMMARY.** — The African continent is rather poor in plant biodiversity when compared to other continents on the equator. Nevertheless, lots of useful plant species have been domesticated from sub-Saharan Africa material. Ethnobotanical research offers the possibility to collect information on use and utility of wild plant species from traditional people often living close to a challenging natural environment. This type of information allows us to find new candidates for domestication and subsequent development for income generation and increased food security.

**RESUME.** — *De la biodiversité ethnobotanique africaine à la domestication de nouvelles cultures pour le développement.* — Le continent africain est assez pauvre en matière de biodiversité végétale en comparaison d'autres continents sur l'équateur. Néanmoins, de nombreuses espèces végétales utiles ont été domestiquées à partir de produits d'Afrique subsaharienne. La recherche ethnobotanique offre la possibilité de rassembler des informations sur l'usage et l'utilité d'espèces végétales sauvages auprès de peuples traditionnels vivant souvent à proximité d'un environnement naturel stimulant. Ce type d'informations nous permet de trouver de nouveaux candidats à la domestication et au développement qui s'ensuit pour la production de revenus et une sécurité alimentaire accrue.

### 1. Introduction

Needless to say: Africa is a big continent that harbours a wide agro-ecological variation, based on a variety of climates and soils. The latter interact to yield a number of biomes that cover a range comprising dry woodland and shrublands in the north, deserts (Sahara and Namib desert being the most prominent on and near the tropics), evergreen broadleaf forest, tropical deciduous forest, tropical

---

\* Paper presented at the meeting of the Section of Technical Sciences held on 29 March 2007. Text received on 13 July 2007.

\*\* Fac. Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen, Univ. Gent, Coupure Links 653, B-9000 Gent (Belgium).

scrub forest, tropical savannah and woodland, semi-desert and arid grassland and mountainous vegetation (WHITE 1983).

Annual rainfall figures range from < 25 mm to > 8,000 mm. However, the natural environments they generate, are mostly influenced and changed by human interventions. Sedentary farmers, transhumant and nomadic cattle growers use and shape the natural landscape in such a way that the original vegetation is altered into a man-made environment, with a specific biodiversity. Cropping can either be intensive or extensive, use traditional — some would say primitive — implements or else rather modern inputs in an effort to lower production risks and low yields.

The continent typically harbours the whole range of agricultural production systems starting with (again) primitive hunter-gatherer systems (like the ones encountered with Central African pygmies or southern African Kung San or Topnaar, formerly known as Bushmen and Hottentots, respectively), and developing into semi-nomadic and subsequently fallow systems, ley farming, permanent upland farming and when resources allow this irrigation farming and plantation farming; in limiting (arid) environments animal husbandry systems prevail and cattle, goats and sheep are raised for self-subsistence and marketing (RUTHENBERG 1976).

The different vegetation types do not harbour the widest variety of plant biodiversity in the world. In fact, Latin America hosts some of the most biodiverse 'hotspots' of the world, whereas Asia also has some very rich sites. Wherever there is a rich plant diversity available, this can be the basis for subsequent plant domestication into crops. Thus, both Latin America and Asia have been the cradle of a number of important crops. By comparison, Africa is rather poor. Still, and following Vavilov, Africa is the centre of origin of a number of well-known crops with worldwide importance. Moreover, it hosts a number of plant species with local and/or regional importance.

The present review intends to highlight a number of crops with African origins, but also draw the reader's attention to a number of useful species with domestication potential, which are currently under consideration for domestication and/or actual development. Specific attention will be drawn to the methodology allowing to 'find' new candidates for crop and niche product development, with a specific emphasis on market chain analysis and promotion, and development aspects of the latter process.

## 2. African Crops ...

*Coffea arabica* and *C. canephora* (better known as robusta coffee) together with the less-known and used *C. liberica* are three coffee species that have entered the international markets for several centuries. *C. arabica* was first domesticated in the Horn of Africa, then moved into the Arab peninsula before it began its *tour du monde*. Robusta is a species that was first domesticated from



the humid tropical lowland forests of Central Africa. Both coexist and have specific markets and customers, robusta being the source of soluble coffee as it has a strong, somewhat bitter taste that does not lose its properties too much after and with processing.

Amongst the different cotton species (*Gossypium* spp.), at least one originated from Africa. In fact, cotton is already mentioned in the New Testament. However, archaeological findings in Thailand and Machu Picchu point to a disjunct origin for the genus that indeed contains several species each of which developing into commercial crops.

At commercial level, *Elaeis guineensis* or oil palm, is a real success. Originally coming from the Guinea Gulf area, it is now 'big money' in South-East Asia, with Malaysia and Indonesia being the biggest producers, trailed by Vietnam. Oil palms offer a healthy vegetable oil whose properties have been altered for greater nutritious value and better health properties. The recent interest in biofuels based on energy-rich chemical compounds from oil crops has increased investment efforts to promote its cultivation in new areas (often situated in fragile humid tropical environments).

Even though *Oryza sativa* is globally the most important cereal crop (together — and depending on the years — with wheat, *Triticum* spp.), Africa has been the centre of origin of *O. glaberrima*, the so-called upland rice that still has its main cropping area centred around the West-African Niger river watershed. Dr. Monty Jones, formerly with the Africa Rice Centre, or West-African Rice Development Association as it was known before, was able to create a viable cross between both species, which is currently known as NEw RICE for Africa. NERICA blends the high(er) production potential of *O. sativa* with the rusticity of *O. glaberrima*, and yields up to 30 % more than the latter without the need for costly inputs such as fertilizer or pesticides ([www.warda.org](http://www.warda.org)). As such, NERICA can be a life-saver for many resource-poor farmers, and should also allow them to secure some additional income over their meagre subsistence earnings.

In terms of acreage and cultural, food and commercial importance these four product groups are the most important amongst the crops which have their origin in Africa. The rest of the list covers species that only have a local and/or regional interest. If they or their by-products are exported, they serve specific 'niche' or seasonal markets with limited scope or impact.

Amongst the most important 'secondary' crops of African origin, we can mention *Pennisetum glaucum* (pearl millet), *Sorghum bicolor* (sorghum) and *Dioscorea* spp. (yam). Where they occur, the three of them are important staples. Pearl millet is a basic food item whose flour is prepared into a sort of porridge that is the basis for meals in the semi-arid areas of Africa. White-seeded sorghum serves the same purpose; the red-seeded variety, however, is the basis of sorghum beer. Its tannins guarantee a strong and specific taste that is appreciated both in the northern and southern hemispheres of Africa. The seeds of both species are also known on western markets where they are sold as... birds' feed. Yams are

another staple source of energy. Different species are still harvested from the wild, whereas others form an integral part of the farming system of the somewhat more (sub-)humid farming systems. As the vining *Dioscorea* needs a support, it is often grown in association with other crops, mainly cereals.

*Vigna unguiculata* (cowpea) is another crop that is typically grown in association with cereals. Especially in West Africa, it occurs in mixed stands of millet and/or sorghum. Its centre of origin is situated in Nigeria. The three crops typically grow in semi-arid, low resource settings, and have low yields. Improved varieties do exist for all three of them, but still yields are in the range of 1 t/ha only. Sorghum and millet are mandate crops for the International Crop Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT, headquarters in Hyderabad, India), whereas cowpea is a focal crop for the International Institute of Tropical Agriculture (IITA, Ibadan, Nigeria). Both institutes try to develop varieties with high rusticity and resistance against the more common pests and diseases.

The continent has given birth to a number of other cereals such as finger millet or fonio (*Digitaria exilis*), coracan (*Eleusine coracana*) or teff (*Eleusine teff*). The latter originated from Ethiopia, where it is a staple crop in parts of the country — its flour turns into *enjeera* which accompanies every 'proper' meal in Ethiopia. Teff is also grown in South Africa as cattle feed.

Apart from cowpea, there are still a few other legumes that have their centre of origin in Africa. *Cajanus cajan* is an important seed legume, whose grains are used for feed but also for human food. Pigeon pea is also a crop that is often used in improved agroforestry of agrosylvopastoral systems in alley cropping configurations. It hereby improves soil fertility and can also protect the field from degradation and erosion. Lablab (*Lablab purpureus*) is another legume that was initially domesticated in Africa.

Africa also had a number of vegetables being developed from the wild. *Solanum aethiopicum* is a species that is rich in a number of subspecies, all of which are termed African eggplants. They have a somewhat bitter taste and come in different forms and colours. Cucumbers (a wide variety of *Cucumis* spp.) were also and initially developed from African material. *Hibiscus sabdariffa* (bissap or roselle) and *H. cannabinus* (kenaf) are interesting Malvaceae. Red roselle is grown for its red succulent calices (which continue to develop once fruits are set). Once dried, they are the source of a sweet and sour beverage traditionally drunk by muslims during Ramadan. Kenaf is a source of coarse stem fibres. It is traditionally grown in garden plots; its fibres are turned into cords with specific uses. *Lagenaria siceraria* was amongst the first domesticated plants in the world. This cucurbit is basically grown for its calabash fruits that, once dried, are used as recipients. *Ricinus communis* (ricin) is also grown in garden environments, but its final uses are mostly medicinal. *Guizotia abyssinica* is the source of 'Niger seed'. It is an erect, stout, branched annual herb, grown for its edible oil and seed. Its cultivation originated in the Ethiopian highlands, and has spread to other parts of Ethiopia.

Apart from coffee, trees or perennials are quite absent from this list. There are, however, a few African perennials that made it into 'real' crops such as *Quercus suber*, a North-African tree species whose bark is a source of cork, which has many uses (see *infra*). *Phoenix dactylifera*, date palm, forms an essential part of the North-African oasis production system. Dates are a very useful survival food, rich in energy, which is appreciated in numerous societies for its sweetness. On the other hand, *Cola nitida* (cola nut) has a huge local, cultural and — more widely — traditional importance. Although it is regionally widely traded, it has hardly any big interest beyond its initial centre of domestication. At the same level, *Ricinodendron heudelotii*, *Xylopi aethiopica* or *Tamarindus indica* serve local and regional markets, but have hardly made it into the international market, with the exception of the latter species for which there is a ready market in Asia, and lately also in Europe. With the exception of cork oak, there are no improved varieties for the other species, 'real' domestication having started only recently. Interest in the latter species has recently arisen, among others because of the research and development work initiated by the World Agroforestry Centre (ICRAF). The latter is also true for *Prunus africana*, a species once coined a 'cinderella species' by LEAKEY & NEWTON (1994) and LEAKEY & JAENICKE (1995) to indicate this is a species with a multitude of hidden valuable uses that are (as yet) not appreciated by the wider (scientific/development) community. *P. africana* is currently being domesticated as there is a huge market demand from the west for its medicinal bark.

### 3. ... and Under-utilized African Plant Species Waiting to be Domesticated

From the above, it is clear that up to now Africa has been the source of only a few crops with 'universal' importance. Others remain confined to the continent. There are, however, a number of other useful species that are only known and used by local communities for food, medicine, rituals, dye, timber, ... Within this group, especially non-timber forest products (NTFPs) would seem to have at least some potential on a wider scale.

Ethnobotanical survey work documents plants used by local and traditional communities, and allows these species to be 'discovered' for wider use and further development. Ideally, ethnobotanical inventories form the basis for plant germplasm characterization using classic morphological description through descriptors specifically developed for the species under scrutiny and more fancy fingerprinting using AFLP, microsatellites, etc. Thus, the taxonomical position of useful species can be clarified, and the existence of specific eco- and genotypes evidenced. The latter information is important if and when one wants to improve the existing material through crossings and breeding. Better knowledge of the existing germplasm would allow for better material to be domesticated. In order to achieve this, species have to be propagated and the plants developed into 'real'

crops for introduction as food or medicine for self-consumption and/or commercial 'niche' crop development.

In a global economy, development of new commodities that address specific so-called niche markets seems imperative if one wants to guarantee ready market access to resource-poor farmers who often have neither the financial nor organisational means to start competing with established global-market products such as coffee, rubber, cacao or tea. With the latter crops, the economic positions have been taken for a long time already. New 'players' will only be able to enter these markets if they can offer specific quality products, or else can start producing enormous amounts (which would lower or compensate fixed production costs). Both strategies, however, need high investments which most often are not available.

Diversification and niche marketing have become very important economic strategies for many rural small businesses, farmers and communities. As part of these strategies, new opportunities often emerge for traditional products and industries. In the case of western Australia, this has contributed to the revitalization of sandalwood industry. While sandalwood has been exported from western Australia for more than 150 years, it was of little economic significance in the major part of the second half of the twentieth century. In recent years, however, industry has become increasingly entrepreneurial, successfully marketing its products into niche markets in the global economy. For farmers and communities in rural areas, the revitalization of sandalwood industry has also provided opportunities for economic diversification and a profitable way of tackling land degradation (TONTS & SELWOOD 2003).

Biodiversity as a whole, and African plant biodiversity in particular, "has emerged in the past decade as a key area of concern for sustainable development. It provides a source of significant economic, aesthetic, health and cultural benefits. Although estimates vary, there is general scientific consensus that the world is becoming less biologically diverse in terms of genes, species, and ecosystems. Rapid loss of biodiversity poses a global threat to human well-being" (cited from [web.worldbank.org](http://web.worldbank.org)).

Ethnobotanical research in Africa has come up with some promising candidates for new crop development. In what follows, we briefly present a few NTFPs that specifically cover food (and feed) uses.

### 3.1. DIRECT FOOD

#### 3.1.1. *Seeds and Nuts*

From the Mediterranean area, *Argania spinosa* could be a source of argan oil, *Ceratonia siliqua* (carob tree, known from the bible as John the Baptist's survival food) is already commercialized as an alternative sweetener (and has been incorporated in chocolates and confectionery in general), whereas a number of

*Pistacia* spp. either yield seeds or have been the source of 'mastic' for very long. *Vitellaria paradoxa* seed from the Sahel is the source of shea (nut) butter which is used in food preparation but also in cosmetics: locally, women use it to treat their skin, whereas it is also exported to the West for more formal incorporation into cosmetics.

### 3.1.2. Fruits

*Ziziphus mauritiana* ('jujube') yields sweet fruits. Through research, new varieties have been developed that produce bigger fruits with better/sweeter taste. The international market prospects of *Balanites aegyptiaca*, *Parkia biglobosa* (nééré, or African locust bean) and *Parinari macrophylla* still need to be explored. However, locally and regionally commercial activities are quite intense. *Saba senegalensis* yields very acid fruits that could appeal to specific tastes. The fruit pulp of *Adansonia digitata* or baobab is the source of a sweet juice that is already produced in Europe (France, Italy); the fruit contains seeds that are locally used in sauces, whereas (dried) leaves, bark for rope, seedlings, ... are other sources for a number of useful products.

### 3.1.3. Palms

The Areaceae family has a prominent place as far as useful plants are concerned. *Elaeis guineensis* has already been mentioned as a source of vegetable oil. Lately, the latter oil has aroused some interest as a possible source of biofuel. However, using a *food* oil as a source of *combustion* would seem all but advisable in the light of the big hunger problems that continue to prevail in the world, specifically in Africa. Using limited soil resources for 'another' cash crop should thus not be promoted. Palm oil plants, however, can also be good sources of edible fruits, palm wine, and palm hearts. *Borassus aethiopum* yields a sweet sap rich in sugars, is a source of palm wine whereas fruits are also eaten. *Metroxylon* spp. (sago palm, amylaceous pith inside the trunk) and *Phoenix paludosa* (palm hearts, but also the host of the edible and eaten palm worm) are other possible contenders.

### 3.1.4. Mushrooms

Mushrooms are worldwide collected and used for food and medicine. A number of them can be cultivated, thus adding value to organic waste (growth medium) and creating additional incomes for local communities. Their sustainable collection can fit into production-marketing chains with international importance.

### 3.1.5. Fodder

The African continent also has some species that are valuable sources of fodder or browse: *Acacia* spp. and *Atriplex* spp. occur in dry and saline environ-

ments, resp. *Prosopis* spp. have been introduced from elsewhere; their sweet pods are rich in energy and can also be used as fodder.

### 3.1.6. Alternative Sources of Employment/Income Generation

Southern Africa has a number of bamboo species that can be used in construction, as a source of fibre for paper, etc. Rosin and turpentine/resins, and gums are produced by a number of broadleaved species, such as *Sterculia setigera* (gum for cooking) or figs (*Ficus* spp., *idem*), whereas *Pinus* spp. can also be rich sources of resin bark. Tannins are collected from a number of *Acacia* spp. (notably *A. nilotica*), *Rhizophora* and *Avicennia* spp. (which are mangrove species) and also *Quercus* spp. Tasar silk (sericulture) is produced by *Antheraea* spp. (butterfly) feeding on *Terminalia tomentosa*, *T. arjuna*, or *Ziziphus mauritiana*.

A special case is offered by *Quercus suber*, the cork tree, whose bark is used in a wide variety of applications. Cork's elasticity combined with its near-impermeability makes it suitable as a material for bottle stoppers, especially for wine bottles. Cork stoppers represent about 60 % of all cork-based production. Cork's low density makes it a suitable material for fishing boats and buoys, as well as handles for fishing rods (as an alternative to neoprene). Cork is also used in the manufacture of musical instruments, particularly woodwind instruments, where it is used to fasten together different segments of the instrument and make the seams airtight. Sheets of cork, often the by-product of more lucrative stopper production, are used to make floor tiles and bulletin boards. Granules of cork can also be mixed into concrete. The composites made by mixing cork granules and cement have low thermal conductivity, low density and good energy absorption characteristics. Some of the property ranges of the composites are density (400-1,500 kg/m<sup>3</sup>), compressive strength (1-26 MPa) and flexural strength (0.5-4.0 MPa) (KARADE 2003).

Honey and bee wax are interesting by-products of bee-keeping. As such, the latter activity is well suited to developing countries, requiring little capital injection, and making virtually no demands on natural resources. Bee-keeping may be carried out in conjunction with subsistence and modern agriculture (any scale of operation) and can be an integral part of an agricultural management system.

*Acacia Senegal*, apart from a source of tannins, also provides gum arabic, fodder, fuelwood, poles, whereas its N-fixing properties make it well suited for integration in agroforestry systems. *Vetiveria zizanioides*, although a native of India, is also well known in Africa, and has some relatives in the genus. Several aspects of vetiver make it an excellent erosion control plant in warmer climates. Unlike most grasses, vetiver does not form a horizontal mat of roots; the roots rather grow almost exclusively downward down to 2-4 metres. This makes vetiver an excellent stabilizing hedge for stream banks, terraces and rice paddies. The close growing culms also help to block the runoff of surface water. Since vetiv-

er propagates itself by small offsets instead of underground stolons, it is non-invasive and can easily be controlled by cultivation of the soil at the boundary of the hedge. Vetiver is mainly cultivated for the fragrant essential oil distilled from its roots. Worldwide production is estimated at about 250 tons per annum. Due to its excellent fixative properties, vetiver is used widely in high end perfumes. It is contained in 36 % of all western perfumes. Major producers of the oil include Haiti, Java, China, India, Brazil and Japan, indicating that Africa is still 'virgin'. The United States, Europe, India and Japan are the main consumers (GUNTHER 2003).

*Aloë* spp. are among the new niche commodities (see *infra*) that have entered formal commercial markets. The genus is native of Africa and is common in South Africa's Cape Province and the mountains of tropical Africa (East Africa especially) and neighbouring areas such as Madagascar, the Arabian peninsula and the islands off Africa. Where they occur in Africa, they are collected and processed into cosmetics and skin products (fig. 1). *Aloë* species are also frequently cultivated as ornamental plants both in gardens and in pots. Many *Aloë* species are highly decorative and are valued by collectors of succulents. Some species, in particular *Aloë vera*, are purported to have medicinal properties. Other uses of aloes include their role in alternative medicines and in home first aid. Both the translucent inner pulp and the resinous yellow exudate from wounding the aloe plant are used *externally* to relieve skin discomforts and *internally* as a laxative. To date, research has shown that *Aloë vera* produces positive medicinal benefits for healing damaged skin. Conversely, other research suggests *A. vera* can negatively effect healing (VOGLER & ERNST 1999). Some aloe species have also been used for human consumption. For example, drinks made from or containing chunks of aloe pulp are popular in Asia as commercial beverages and as a tea additive; this is notably true in Korea. Aloe is used externally to treat a number of skin irritations. It has antiseptic and antibiotic properties which make it highly valuable in treating cuts and abrasions. It has also been commonly used to treat first- and second-degree burns, as well as sunburns and poison oak, poison ivy, poison sumac infections, and eczema. It can also be used as a hair styling gel and works especially well for curly or fuzzy hair. Aloe contains a number of medicinal substances used as a purgative. The medicinal substance is produced from various species of aloes, such as *A. vera*, *A. vulgaris*, *A. socotrina*, *A. chinensis* and *A. perryi*. Several kinds of aloes are commercially available: Barbadoes, Socotrine, Hepatic, Indian, and Cape aloes. Barbadoes and Socotrine are the varieties most commonly used for curative purposes. Aloe juices are the expressed juice of the plant leaves. When the leaves are cut, the juice that flows out is collected and evaporated. After the juice has been removed, the leaves are sometimes boiled to yield an inferior kind of aloes. The juice of the leaves of certain species, e.g. *Aloë venenosa*, is poisonous.

## Aloe Market Chain into West Pokot, Kenya

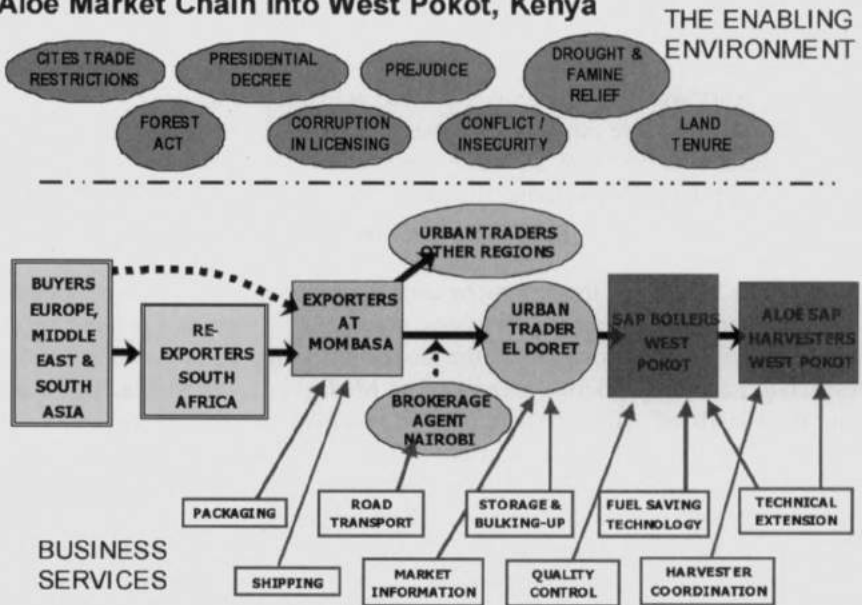


Fig. 1. — Specific 'market map' developed in collaboration with local stakeholders and applied to *Aloë* spp. market chain with red arrows showing which activities in the market chain require specific services (HELLIN *et al.* 2005).

### 4. From Under-utilized Crop over Niche Product to Niche Market Development (fig. 2)

Ethnobotany, and useful plant inventory work in general, can yield interesting information on which species could and should be developed into commodities for greater food safety and income generation. In a global market with increased competition for a limited number of 'universal' products, new players should try to focus on niche commodity production as the latter will allow to conquer new markets with new products for which prices can be fixed by producers.

According to VAN DAMME (1998), niche crops (should) have the following profile:

- Be *multi-purpose*, combining a subsistence and/or cash finality, with erosion control and/or another function which makes them interesting to integrate in the (existing) cropping cycle and farming system;
- Have a *local market (potential)* so that dependency on regional and/or international markets and prices remains limited;
- Preferably *combine food and non-food properties* so that, when the formal market collapses, producers can continue to use the commodity for self-consumption;



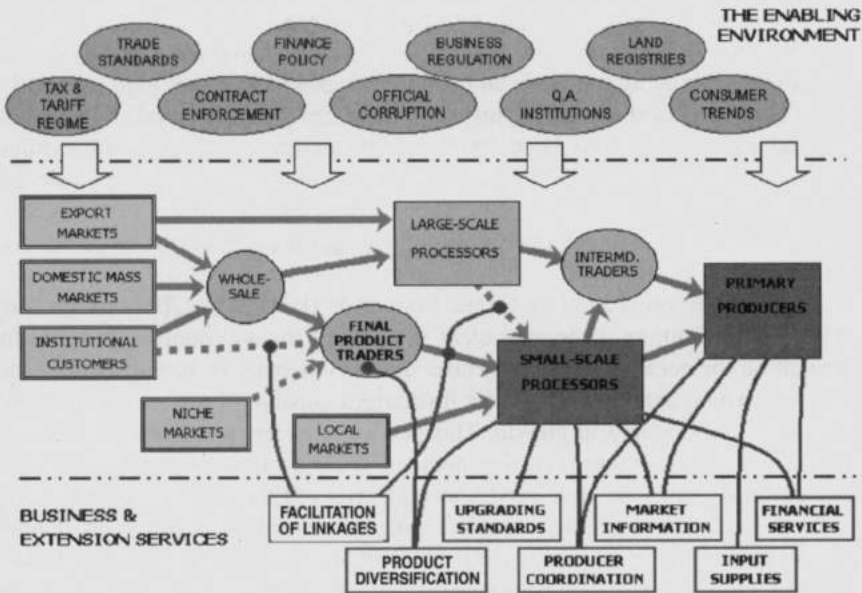


Fig. 2. — General 'generic' and schematic representation of any production-market chain and the (enabling) policy and socio-economic environment in which it operates, together with the business/extension services it needs in order to operate properly (HELLIN *et al.* 2005).

- Be *annual*, or *short-cycle*, crops as this allows for a quick, *i.e.* on a seasonal basis, change of commodity produced when economic/environmental needs arise;
- Have *high rusticity*, *i.e.* be well adapted to local circumstances and have enough plasticity to guarantee high yields in different and/or changing environments, whereas they are tolerant of/resistant to the most important pests and diseases which are known to be a problem; ideally, the latter property should be combined with:
  - Limited need for modern/imported inputs;
  - Limited need for qualified/specialized labour;
  - Guaranteed high yields and (by extrapolation returns on investment) rewarded market prices;
  - Easy to store harvests without excessive losses nor input use;
  - Easy to dry/process harvests locally with limited level of costly technology;
  - Easy to transport commodity or its processed products at later periods over large distances at low cost;
  - Bulking of produce (further plus);
  - Intensive crop growing on small plots.

In other words, niche commodities respond to (new) needs and/or also allow to create their own markets, and thus market dynamics and prices. As they do not compete with existing products, unit selling prices will be rather high especially in the beginning of their development. In the recent past, *Simmondsia chinensis* (jojoba) and *Aloë* spp. have been developed into income-generating commodities for novel markets. Jojoba is the source of a wax that replaces sperm whale oil (for aloe, *cf. supra*). A number of the species presented in point 3 are good candidates for similar niche product development, if a number of crucial issues are addressed.

From a study carried out by GABRE-MADHIN & HAGGBLADE (2001) on success in African agriculture, it became clear that few (African) countries have given agriculture the necessary priority, either in policy debates or investment allocations, to sustain agricultural support institutions capable of generating a steady stream of innovations and growth. This persistent under-investment in frontline agricultural research and related support institutions appears puzzling at first. But after spending some time in African ministries of finance, it quickly becomes clear that narrow tax bases, coupled with enormous debt loads and donor-imposed priorities on social spending, leave little room for manoeuvre or debate over the relative role of productive investments in agriculture. An opening-up of these budget debates will require a renewed commitment to agriculture by both African governments and donors.

**Governments** wishing to intensify smallholding agriculture under circumstances where the necessary markets were/are absent or weakly developed should leave market activities to the private sector and try to foster market entry, investment and technological progress via interventions that promote institutional development (such as appropriate legislation, improved transport and social infrastructure, and administrative and legal services).

**Public policy** and developmental initiatives to encourage linkages between farmers and agribusiness include both direct and indirect support to smallholding market linkages and more general support to the smallholding sector. Direct support measures include the promotion of grassroot cooperation and facilitation by a specialized non-governmental organization (NGO) increasing the business and technical skills of groups and developing good working relationships between groups and agribusiness.

**Major donors** have an important role to play to help farmers' organizations enter the policy dialogue with governments and other stakeholders so that an enabling environment (legal context for cooperatives and associations, taxes, regulations, and input quality control, level playing field for all suppliers) can be created. Donors could support farmers' organizations and governments establishing forums for policy dialogue between governments, farmers' organizations (FOs) and donors. It can also facilitate the linkages/interactions between producers and other stakeholders, such as input suppliers.

**Donors** should ensure that funding for FOs' capacity building, advisory services, communication, networking, etc. is available at decentralized levels and

that decisions to allocate funding be in the hands of FOs. Funding should be available not only for services but also for improving local infrastructure in support of input supply and marketing, such as storage facilities.

Amongst the strong feelings that FOs are the key to future agricultural development were some warning voices against placing too much emphasis on FOs. These warnings came from different angles (DIRCKX & VAN DAMME 2001). In a field survey *cum* interviews organized by the latter authors, some companies expressed disillusionment with working with groups. They felt that it is wasting effort to do so and that it is forcing something onto rural areas that is not appropriate at this stage in their development. They believe that the focus should be more on individuals than on groups, the need is to strengthen the entrepreneurial base in rural areas. That will have more impact than trying to force groups into existence. Therefore, the establishment of associations should only be promoted if that is the way to which people in that particular area want to go.

GABRE-MADHIN & HAGGLADE (2001) stated that, although some observers remain sceptical whether NGOs could replace government extension services, many respondents in their survey cite cases in which NGO projects provide extension support to understaffed and underfunded government extension services. Ultimately, the thorny issues of public salary levels, recurrent transport budgets and adequate staffing for government extension services remain closely linked to the debate over the relative role of NGOs in African agriculture.

NGOs often mandate themselves to concentrate substantial resources on a small number of villages, often in difficult areas. This favours the development of innovative, empowering approaches, but at levels of unit cost beyond the reach of the public sector. Wide-scale reliability should be a key design criterion for any future approaches developed by NGOs or 'special projects'.

During our field survey, it was also found that there was a lack of information sharing between (international and local) (non-governmental) organizations implementing projects to enhance rural development, marketing strategies for small-scale farmers, organization of farmers in groups, etc. In this context, the Forum for Agricultural Research in Africa (FARA; [www.FARA-Africa.org](http://www.FARA-Africa.org)) has an essential role to play in guiding international policy-makers in developing enabling policies for agricultural and niche commodity development in Africa. The Sub-Sahara Africa Challenge Programme, which is led by FARA, offers a good opportunity to put theory into practice...

It could be of great value to look for mechanisms of information sharing between such organizations as much can be learnt from each others' experiences and the impact of certain activities could be improved.

## 5. Conclusions

To conclude, it can be said that donors and NGOs, together with governments, have an important role to play in linking small-scale farmers to commercial sec-

tor activities, and to develop niche commodity value chains. By being a broker, NGOs can ensure that small-scale farmers' rights are protected in relations (*e.g.* in contract farming) with private agribusinesses that are in the early stages of privatization. Contract farming often requires the organization of farmers in groups. Promotion of such groups should only be taken up if it is felt necessary by farmers themselves and in a way farmers feel confident with it. Through contract farming, farmers' organizations can grow and learn to undertake marketing activities by themselves. The final objective should always be to create independent farmers' organizations that are free to take their own marketing decisions, without being tied to an agribusiness company that has power to violate farmers' rights.

There are different crops or commodities which can be developed out of useful plant species that have shown potential to become the basis for niche products following ethnobotanical research, and which can become important cash crops for farmers, but choices on which species to develop should be made only after domestication trials have proven successful and following careful market studies as these will differ for each situation/species.

#### REFERENCES

- DIRCKX, T. & VAN DAMME, P. 2001. Linking small-scale farmers to commercial sector activities. The case of southern and eastern Sub-Sahara Africa. — DGOS/VIIR/UGent, Beleidsvoorbereidend Onderzoek.
- GABRE-MADHIN, E. Z. & HAGGBLADE, S. 2001. Successes in African Agriculture: Results of an Expert Study. — Washington, International Food Policy Research Institute, 65 pp.
- GUNTHER, E. 1997. The Essential Oils (Vol. 4). — *In*: BATTAGLIA, S. (Ed.), *The Complete Guide to Aromatherapy*. Australia, The Perfect Potion, pp. 178-181.
- HELLIN, J., GRIFFITH, A. & ALBU, M. 2005. Mapping the market: market-literacy for agricultural research and policy to tackle rural poverty in Africa. — *In*: ALMONDS, F. R. & HAINSWORTH, S. D. (Eds.), *Beyond Agriculture: Making Markets Work for the Poor* (Proc. Intern. Seminar, Londen, UK, 28 Feb.-1 March 2005).
- KARADE, S. R. 2003. An Investigation of Cork Cement Composites. — PhD Thesis, BCUC (Brunel University, UK).
- LEAKEY, R. R. B. & JAENICKE, H. 1995. The domestication of indigenous fruit trees: opportunities and challenges for agroforestry. — *In*: SUZUKI, K., SAKURAI, S., ISHII, K. & NORISADA, M. (Eds.), *Proceedings 4th International BIO-REFOR Workshop* (Tampere, Finland; BIO-REFOR, Tokyo), pp. 15-26.
- LEAKEY, R. R. B. & NEWTON, A. C. 1994. Domestication of 'Cinderella' species as the start of a woody-plant revolution. — *In*: LEAKEY, R. R. B. & NEWTON, A. C. (Eds.), *Tropical trees: potential for domestication and the rebuilding of forest resources*. London, HMSO, pp. 3-5.
- RUTHENBERG, H. 1976. *Farming Systems in the Tropics*. — Oxford University Press, UK, 366 pp.

- TONTS, M. & SELWOOD, J. 2003. Niche markets, regional diversification and the reinvention of Western Australia's sandalwood industry. — *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie*, **94** (5): 564-575.
- VAN DAMME, P. 1998. Smallholder/Private Sector Policy and Programming Initiative for East and Southern Africa. — Rome, IFAD, Zambia Mission, 46 pp.
- VOGLER, B. K. & ERNST, E. 1999. *Aloe vera*: a systematic review of its clinical effectiveness. — *British Journal of General Practice*, **49**: 823-828.
- WHITE, F. 1983. The Vegetation of Africa. — UNESCO, La Chaux-de-Fonds (Switzerland).

**LOFREDE — ELOGE**

## André HUYBRECHTS

(Deurne, 7 september 1927 - Wezembeek-Oppem, 10 mei 2007)\*

In mei verleden jaar is onze gewaardeerde Confrater André Huybrechts van ons heengegaan. Hij werd in 1971 verkozen tot geassocieerd lid „op de Nederlandstalige rol”. Toen was hij evenwel geen onbekende, want in 1965 was hij laureaat van onze Academie geworden, dank zij een studie over „Les transports fluviaux au Congo dans le bief moyen du fleuve Congo et ses affluents”. Later doorliep hij bij onze Academie een ‘cursus honorum’: effectief lid in 1977, voorzitter van de Academie in 1983, erelid vanaf 1993.

André Huybrechts, geboren in 1927 in Deurne, Antwerpen, verrichtte zijn primaire en secundaire studies in Luik, waarheen zijn ouders waren verhuisd. Daarna studeerde hij rechten alsook het licentiaat in de economische wetenschappen aan de Katholieke Universiteit van Leuven, in de Franse sectie. Later, in 1970, promoveerde hij er tot Doctor in de Economische Wetenschappen, met een proefschrift over „Transports et Structures Economiques au Congo”, gepubliceerd bij Mouton in Parijs.

Zijn belangstelling voor Afrika, en meer bepaald voor Congo, was reeds vroeg gewekt. Hij startte zijn loopbaan in de studiedienst van het toenmalige Ministerie van Koloniën. Pas gehuwd, ondernam hij in 1957, samen met zijn echtgenote, een lange studiereis doorheen Congo.

Hij zou op Afrika gericht blijven. In 1958 trad hij immers toe tot het ambtenarenkorps van de pas opgerichte Commissie van de Europese Gemeenschappen, in het Directoraat VIII, dat als opdracht had de ontwikkeling te stuwen van de vele gebieden, toen nog kolonies, en overwegend in Afrika gelegen, die weldra, na de beroemde rede van Charles de Gaulle in Brazzaville, hun eigen soevereiniteit zouden verwerven. Voor het vroegere Belgisch Congo gebeurde dit, vrij haastig weliswaar, in 1960.

De intrede in deze nieuwe supranationale administratie, met manschappen uit zes lidstaten, was niet zonder risico. Zou het enthousiasme voor de opbouw van een meer verenigd Europa opwegen tegen het onbeproefde van een nieuwe bureaucratie? Het aantal gegadigden uit de lidstaten, andere dan België zelf, bleef aanvankelijk relatief beperkt. Dit had als gevolg dat, in latere jaren, toen landenquota's werden vastgelegd voor de hogere ambten, een aantal, nochtans

\* Lofrede uitgesproken tijdens de zitting van de Klasse voor Morele en Politieke Wetenschappen gehouden op 19 februari 2008.

verdienstelijke landgenoten, minder kansen kreeg op wat een normaal pad van bevorderingen zou zijn.

André Huybrechts heeft bijna dertig jaar gewerkt in de DG VIII en er heel wat opdrachten vervuld. Deze situeerden zich vooral in de sectoren van de infrastructuur en van de industriële ontplooiing van deze landen. Niet enkel studiewerk, maar ook de toebedeling, over landen en projecten, van het Europees Ontwikkelingsfonds en de bevordering van directe investeringen behoorden tot zijn opdrachten.

Tijdens deze periode fungeerde André Huybrechts ook als lesgever in Parijs aan het Europees Centrum voor vorming van statistici en economen in ontwikkelingslanden. Er was ook een korte episode toen hij, in juli 1960, als kabinetschef werd geroepen van Joseph Yav, die minister van economische zaken werd in de eerste Congolese regering van Lumumba. Maar de chaotische implosie in de Congo, onmiddellijk na de onafhankelijkheidsceremonie, heeft deze opdracht ontkracht, zodat André Huybrechts onverrichterzake moest terugkeren.

A ce stade, l'esquisse des principaux jalons de la carrière professionnelle d'André Huybrechts, que je viens de vous rappeler, resterait franchement incomplète si je ne mentionnais pas toute une autre gamme d'activités qui se situent en marge de cette carrière. Il convient dès lors que je les évoque en français, langue dans laquelle, quoique parfait bilingue, il a déployé ces activités multiples.

Car, dans la personne d'André Huybrechts se mêlaient un esprit vif, un style direct, et une grande curiosité intellectuelle, qui tout naturellement nourrissait une vocation d'enseignant. Mais, en plus, il y ajoutait l'impulsion d'un homme d'action, doté d'un réel talent d'organisateur. Il m'incombe de retenir quatre domaines où se situaient des activités complémentaires à sa carrière à la Commission européenne. Et qui permettront également de tracer les traits caractéristiques d'André. *In fine*, je devrais rappeler le courage et la force de caractère d'André lors de sa longue maladie terminale.

Le premier domaine se situait dans l'enseignement à l'ICHEC, de 1957 à 1994. Il y a enseigné plusieurs matières, qui correspondaient à ses vecteurs d'intérêt, à savoir: l'économie du développement, l'économie des transports, les investissements et les transferts de technologie dans les pays en voie de développement, ainsi qu'un cours plus général sur l'économie politique. Il était, de l'avis unanime, l'un des professeurs les plus en vue de l'ICHEC, fort apprécié par ses étudiants en raison d'un entrain enthousiasmant et de sa disponibilité à leur égard. Directeur de nombreux mémoires de fin d'études, il a par ailleurs joué un rôle important dans la vie de cette Haute Ecole, en qualité de secrétaire et, par la suite, de président de l'Association du corps enseignant de l'ICHEC.

Le second domaine d'activités se rattache intimement au premier. La revue *Reflets et Perspectives de la Vie Economique* est concomitante à l'ICHEC. André en fut le fondateur en 1961 et en devint le rédacteur en chef, dès sa création jusque 1998, en cela secondé inlassablement par son épouse. L'adresse postale



de la revue coïncidait par ailleurs avec celle de la famille Huybrechts. On peut apprécier à leur juste valeur les efforts incessants du couple Huybrechts pour animer cette revue, en constatant que, très vite, elle a su se tailler une place dans le paysage des publications francophones consacrées à l'économie, au sens large, dans notre pays. En effet, *Reflets et Perspectives* a privilégié un créneau spécifique, en publiant des articles rédigés par des scientifiques de haut niveau et/ou des décideurs politiques, touchant des sujets d'actualité ou d'un intérêt plus permanent, mais dans un langage accessible. La revue a ainsi évité la sophistication — certains diront peut-être les acrobaties — à laquelle des revues en matière économique sont acculées de nos jours. Le succès dont la revue de l'ICHEC continue à jouir est sans doute en grande partie attribuable au choix judicieux des thèmes qui ont été programmés, permettant ainsi une vue d'ensemble et nuancée de la problématique sous rubrique. A vrai dire, *Reflets et Perspectives* est un enfant spirituel d'André et de Monique Huybrechts, et leur doit sa robuste santé.

Au-delà des techniques d'analyse économique, André Huybrechts s'intéressait également aux problèmes politiques et sociétaux. C'est dans le cadre de la société bilingue «Société d'Etudes Politiques – Vereniging voor Politieke Studies» que nous avons pu coopérer de près. Me succédant pour un mandat de trois ans, il en fut le président de 1987 à 1989. Notre tâche consistait à organiser des débats vespéraux et, occasionnellement, des colloques d'une journée, autour de problèmes politiques et de société d'actualité. Ces rencontres ont toujours été caractérisées par un véritable esprit d'ouverture, même lorsque des sujets sensibles, comme 'le fédéralisme en Belgique' (déjà), étaient mis à l'affiche. Il n'était pas si évident, à l'ère de la télévision, de rassembler le soir un nombre adéquat de membres et d'autres personnes intéressées. Le choix de nos orateurs et la qualité des discussions nous ont permis, me semble-t-il, en ce temps-là, de réussir ce pari.

Le quatrième thème me renvoie à nouveau à l'Afrique et au Congo. André Huybrechts fut, jusqu'à son décès, président de l'a.s.b.l. «Mémoires du Congo», fondée il y a bientôt six ans et qui, ainsi que son pendant néerlandophone, s'efforce de rassembler, avant qu'il ne soit trop tard, des témoignages visuels et autres de la part de personnes ayant vécu au Congo durant la période coloniale, et de soumettre celle-ci à un examen objectif, qui évite tout autant la glorification que la condamnation sommaire de la colonisation belge au Congo. Ainsi un bilan nuancé, avec ses postes à l'actif et au passif, pourra être établi. Cette a.s.b.l. est assurément bien vivante et déploie plusieurs activités. Six jours avant son décès, André, très marqué par la maladie, assistait encore à un forum organisé par son a.s.b.l.

Ceci m'amène à rappeler, non sans émotion, le souvenir de quelqu'un qui fut fidèle dans ses amitiés, notamment envers celui qui vous parle; qui fut un membre assidu de notre Académie; qui fit preuve d'une ardeur au travail toujours éveillée, tout au long de sa vie. Et qui, durant trois ans, a fait face à la maladie, qui le minait progressivement, malgré des traitements douloureux. Il continuait

à lutter avec courage, un trait fondamental de son caractère. Même lorsqu'il se rendait lucidement compte d'une fin de vie inéluctable et assez proche, il continuait à s'investir dans certaines activités, comme celles que je viens de rappeler. Nous l'avons vu assister encore à la séance de notre Classe du 16 janvier 2007.

Heureusement, si j'ose dire, il lui fut donné, ainsi qu'à sa merveilleuse famille de cinq enfants et de nombreux petits-enfants, de fêter ses noces d'or, quelques jours seulement avant son décès. Point d'orgue d'une symphonie de vie polyphonique, parce que bien remplie, dont nous garderons, conscients de notre propre fragilité, le souvenir confraternel et ému.

Sylvain PLASSCHAERT

**NOTULEN — PROCES-VERBAUX**

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

### **Zitting van 22 januari 2008**

(Uittreksel van de notulen)

De zitting wordt om 14 u. 30 geopend door de Heer E. Haerinck, Vice-Directeur, bijgestaan door Mevr. D. Swinne, Vast Secretaris.

*Zijn bovendien aanwezig:* de Heer H. Baetens Beardsmore, Mevr. P. Bouvier, E. Bruyninx, de HH. F. de Hen, P. de Maret, J. Everaert, J. Jacobs, J. Klener, C. Sturtewagen, Mevr. B. Vanhoudt, de Heer J.-L. Vellut, Mevr. Y. Verhasselt, werkende leden; de HH. D. Huyge, S. Plasschaert, P. Raymaekers en F. Van Noten, geassocieerde leden; de Heer H. Vinck, corresponderend lid.

*Betuigden hun spijt niet aan de zitting te kunnen deelnemen:* de HH. P. Collard, F. De Boeck, Mevr. D. de Lame, de Heer D. Demolin, Mevr. M. Engelborghs-Bertels, F. Nahavandi, de HH. F. Neyt, C. Ntampaka, P. Petit, F. Reyntjens, R. Rezsohazy, E. Vandewoude, G. Vanthemsche, U. Vermeulen en C. Willemen.

#### **„Une base avancée de la Royal Air Force à Banana (RDC) durant la Seconde Guerre mondiale”**

De Heer Paul Raymaekers stelt een mededeling voor getiteld als hierboven.  
De Heer Jean-Luc Vellut neemt aan de bespreking deel.  
De Klasse beslist deze tekst in de *Mededelingen der Zittingen* te publiceren.

#### **‘Lascaux langs de Nijl’: de paleolithische rotskunst van Qurta (Boven-Egypte)**

De Heer Dirk Huyge stelt een mededeling voor getiteld als hierboven.  
De Heer Christian Sturtewagen, Mevr. Elze Bruyninx, de HH. Francis Van Noten, Pierre de Maret en Ernie Haerinck nemen aan de bespreking deel.  
De Klasse beslist deze tekst in de *Mededelingen der Zittingen* te publiceren.

#### **Besloten Vergadering**

De werkende en erewerkende leden, in Besloten Vergadering bijeen, verkiezen tot

*Corresponderend lid:* de HH. Chéibane Coulibaly, Jean-Claude Hombert en David Rosser Phillips.

De zitting wordt om 16 u. 35 geheven.

## Classe des Sciences morales et politiques

### Séance du 22 janvier 2008

(Extrait du procès-verbal)

La séance est ouverte à 14 h 30 par M. E. Haerinck, Vice-Directeur, assisté de Mme D. Swinne, Secrétaire perpétuelle.

*Sont en outre présents:* M. H. Baetens Beardsmore, Mmes P. Bouvier, E. Bruyninx, MM. F. de Hen, P. de Maret, J. Everaert, J. Jacobs, J. Klener, C. Sturtewagen, Mme B. Vanhoudt, M. J.-L. Vellut, Mme Y. Verhasselt, membres titulaires; MM. D. Huyge, S. Plasschaert, P. Raymaekers et F. Van Noten, membres associés; M. H. Vinck, membre correspondant

*Ont fait part de leur regret de ne pouvoir assister à la séance:* MM. P. Collard, F. De Boeck, Mme D. de Lame, M. D. Demolin, Mmes M. Engelborghs-Bertels, F. Nahavandi, MM. F. Neyt, C. Ntampaka, P. Petit, F. Reyntjens, R. Rezsohazy, E. Vandewoude, G. Vanthemsche, U. Vermeulen et C. Willemen.

#### **Une base avancée de la Royal Air Force à Banana (RDC) durant la Seconde Guerre mondiale**

M. Paul Raymaekers présente une communication intitulée comme ci-dessus.

M. Jean-Luc Vellut prend part à la discussion.

La Classe décide de publier ce texte dans le *Bulletin des Séances*.

#### **«'Lascaux langs de Nijl': de paleolithische rotskunst van Qurta (Boven-Egypte)»**

M. Dirk Huyge présente une communication intitulée comme ci-dessus.

M. Christian Sturtewagen, Mme Elze Bruyninx, MM. Francis Van Noten, Pierre de Maret et Ernie Haerinck prennent part à la discussion.

La Classe décide de publier ce texte dans le *Bulletin des Séances*.

#### **Comité secret**

Les membres titulaires et titulaires honoraires, réunis en Comité secret, élisent en qualité de

*Membre correspondant:* MM. Chéibane Coulibaly, Jean-Claude Hombert et David Rosser Phillips.

La séance est levée à 16 h 35.

## Klasse voor Morele en Politieke Wetenschappen

### Zitting van 19 februari 2008

(Uittreksel van de notulen)

De zitting wordt om 14 u. 30 geopend door de Heer P. Petit, Directeur, bijgestaan door de Heer E. Haerinck, Vice-Directeur, en Mevr. D. Swinne, Vast Secretaris.

*Zijn bovendien aanwezig:* Mevr. P. Bouvier, E. Bruyninx, de Heer F. de Hen, Mevr. D. de Lame, de HH. D. Demolin, G. de Villers, J. Everaert, J. Jacobs, R. Rezsohazy, C. Sturtewagen, Mevr. B. Vanhoudt en de Heer J.-L. Vellut, werkende leden; de Heer S. Plasschaert, geassocieerd lid; de Heer H. Vinck, corresponderend lid.

*Betuigden hun spijt niet aan de zitting te kunnen deelnemen:* de HH. H. Baetens Beardsmore, P. Collard, F. De Boeck, R. Deliège, Mevr. M. Englborghs-Bertels, de Heer D. Huyge, Mevr. F. Nahavandi, de HH. C. Ntampaka, F. Reyntjens, Mevr. Y. Verhasselt, de HH. K. Vlassenroot en C. Willemen.

### Lofrede van de Heer André Huybrechts

De Heer Sylvain Plasschaert spreekt de lofrede van de Heer André Huybrechts uit.

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

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

### „L'histoire littéraire congolaise et le champ littéraire en particulier”

De Heer Charles Djungu-Simba stelt een mededeling voor getiteld als hierboven.

De HH. Honoré Vinck, Gauthier de Villers, Mevr. Bettie Vanhoudt en de Heer Rudolf Rezsohazy nemen aan de bespreking deel.

De Klasse wil de publicatie van een tekst overwegen en duidt twee verslaggevers aan.

### Afrikaanse perspectieven op koloniale taalpolitiek in Belgisch Congo

De Heer Michael Meeuwis stelt een mededeling voor getiteld als hierboven.

De HH. Jean-Luc Vellut, Honoré Vinck, Sylvain Plasschaert en Mevr. Bettie Vanhoudt nemen aan de bespreking deel.

## **Classe des Sciences morales et politiques**

### **Séance du 19 février 2008**

(Extrait du procès-verbal)

La séance est ouverte à 14 h 30 par M. P. Petit, Directeur, assisté de M. E. Haerinck, Vice-Directeur, et de Mme D. Swinne, Secrétaire perpétuelle.

*Sont en outre présents:* Mmes P. Bouvier, E. Bruyninx, M. F. de Hen, Mme D. de Lame, MM. D. Demolin, G. de Villers, J. Everaert, J. Jacobs, R. Rezsöhazi, C. Sturtewagen, Mme B. Vanhoudt et M. J.-L. Vellut, membres titulaires; M. S. Plasschaert, membre associé; M. H. Vinck, membre correspondant.

*Ont fait part de leur regret de ne pouvoir assister à la séance:* MM. H. Baetens Beardsmore, P. Collard, F. De Boeck, R. Deliège, Mme M. Engelborghs-Bertels, M. D. Huyge, Mme F. Nahavandi, MM. C. Ntampaka, F. Reyntjens, Mme Y. Verhasselt, MM. K. Vlassenroot et C. Willemen.

### **Eloge de M. André Huybrechts**

M. Sylvain Plasschaert prononce l'éloge de M. André Huybrechts.

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

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

### **L'histoire littéraire congolaise et le champ littéraire en particulier**

M. Charles Djungu-Simba présente une communication intitulée comme ci-dessus.

MM. Honoré Vinck, Gauthier de Villers, Mme Bettie Vanhoudt et M. Rudolf Rezsöhazi prennent part à la discussion.

La Classe accepte d'envisager la publication d'un texte et désigne deux rapporteurs.

### **«Afrikaanse perspectieven op koloniale taalpolitiek in Belgisch Congo»**

M. Michael Meeuwis présente une communication intitulée comme ci-dessus.

MM. Jean-Luc Vellut, Honoré Vinck, Sylvain Plasschaert et Mme Bettie Vanhoudt prennent part à la discussion.

De Klasse wil de publicatie van een tekst overwegen en duidt twee verslaggevers aan.

### Wedstrijd 2010

De Klasse beslist de *eerste vraag* van de Wedstrijd 2010 te wijden aan een studie over de taalpolitiek in de „kolonies”.

Mevr. Bettie Vanhoudt en de Heer Honoré Vinck worden aangeduid om deze vraag op te stellen.

De Klasse beslist de *tweede vraag* van de Wedstrijd 2010 te wijden aan een antropologische studie van de wijziging van de *gender*verhoudingen in een actuele context van economische veranderingen.

Mevr. Danielle de Lame en de Heer Filip De Boeck worden aangeduid om deze vraag op te stellen.

De zitting wordt om 17 u. 05 gegeven.



La Classe accepte d'envisager la publication d'un texte et désigne deux rapporteurs.

### Concours 2010

La Classe décide de consacrer la *première question* du Concours 2010 à une étude sur la politique linguistique dans les «colonies».

Mme Bettie Vanhoudt et M. Honoré Vinck sont désignés pour la rédaction de cette question.

La Classe décide de consacrer la *deuxième question* du Concours 2010 à une étude anthropologique de la transformation des rapports de genre dans un contexte actuel de changement économique.

Mme Danielle de Lame et M. Filip De Boeck sont désignés pour la rédaction de cette question.

La séance est levée à 17 h 05.

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

### **Zitting van 11 maart 2008**

(Uittreksel van de notulen)

De zitting wordt om 14 u. 30 geopend door de Heer E. Haerinck, Vice-Directeur, bijgestaan door Mevr. D. Swinne, Vast Secretaris.

*Zijn bovendien aanwezig:* Mevr. P. Bouvier, E. Bruyninx, de HH. F. de Hen, J. Jacobs, C. Sturtewagen en Mevr. Y. Verhasselt, werkende leden; de HH. F. Van Noten en S. Plasschaert, geassocieerde leden; de Heer H. Vinck, corresponderend lid; de Heer M. De Dapper, lid van de Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen; de Heer H. Paelinck, lid van de Klasse voor Technische Wetenschappen.

*Uitgenodigd:* de Heer R. Blykers, Mevr. D. Coupé en de Heer J. Grauls.

*Betuigden hun spijt niet aan de zitting te kunnen deelnemen:* de HH. H. Baetens Beardsmore, P. Collard, P. de Maret, G. de Villers, Mevr. Engelborghs-Bertels, de HH. P. Halen, D. Huyge, C. Ntampaka, P. Petit, F. Reyntjens, R. Rezsohazy, E. Vandewoude, G. Vanthemsche, J.-L. Vellut en C. Willemen.

### **„La déconstruction des monuments culturels de l'île de Pâques”**

De Heer Nicolas Cauwe stelt een mededeling voor getiteld als hierboven.

Mevr. Paule Bouvier, de HH. Honoreus Paelinck, Ernie Haerinck en Morgan De Dapper nemen aan de bespreking deel.

De Klasse is bereid de publicatie van een tekst te overwegen en stelt twee verslaggevers aan.

### **De economische toestand in Congo**

De Heer Alfons Verplaetse stelt een mededeling voor getiteld als hierboven.

De Heer Sylvain Plasschaert neemt aan de bespreking deel.

De Klasse beslist geen tekst te publiceren.

### **Wedstrijd 2010**

De Klasse beslist de *eerste vraag* van de Wedstrijd 2010 te wijden aan een studie over de taalpolitiek door het moederland gevoerd in een voormalige kolonie met vermelding van de motivaties, de betreffende wetgeving en de toepassingen te velde. Een vergelijking tussen territoria met verschillend koloniaal systeem en de verdere ontwikkeling van de taalpolitiek na de onafhankelijkheid zijn wenselijk.

## **Classe des Sciences morales et politiques**

### **Séance du 11 mars 2008**

(Extrait du procès-verbal)

La séance est ouverte à 14 h 30 par M. E. Haerinck, Vice-Directeur, assisté de Mme D. Swinne, Secrétaire perpétuelle.

*Sont en outre présents:* Mmes P. Bouvier, E. Bruyninx, MM. F. de Hen, J. Jacobs, C. Sturtewagen et Mme Y. Verhasselt, membres titulaires; MM. F. Van Noten et S. Plasschaert, membres associés; M. H. Vinck, membre correspondant; M. M. De Dapper, membre de la Classe des Sciences naturelles et médicales; M. H. Paelinck, membre de la Classe des Sciences techniques.

*Invités:* M. R. Blykers, Mme D. Coupé et M. J. Grauls.

*Ont fait part de leur regret de ne pouvoir assister à la séance:* MM. H. Baetens Beardsmore, P. Collard, P. de Maret, G. de Villers, Mme M. Engelborghs-Bertels, MM. P. Halen, D. Huyge, C. Ntampaka, P. Petit, F. Reyntjens, R. Rezsohazy, E. Vandewoude, G. Vanthemsche, J.-L. Vellut et C. Willemen.

### **La déconstruction des monuments culturels de l'île de Pâques**

M. Nicolas Cauwe présente une communication intitulée comme ci-dessus.

Mme Paule Bouvier, MM. Honoreus Paelinck, Ernie Haerinck et Morgan De Dapper prennent part à la discussion.

La Classe accepte d'envisager la publication d'un texte et désigne deux rapporteurs.

### **«De economische toestand in Congo»**

M. Alfons Verplaetse présente une communication intitulée comme ci-dessus.

M. Sylvain Plasschaert prend part à la discussion.

La Classe décide de ne pas publier de texte.

### **Concours 2010**

La Classe décide de consacrer la *première question* du Concours 2010 à une étude concernant la politique linguistique menée par la métropole dans une ancienne colonie, prenant en considération les motivations, la législation et les applications sur le terrain. Une approche comparative entre territoires ayant un système colonial différent et l'étude de la poursuite de la politique linguistique après l'indépendance sont souhaitées.

De Klasse beslist de *tweede vraag* van de Wedstrijd 2010 te wijden aan een antropologische studie op microsociaal niveau over de verschuivende man-vrouwrelaties in een context van economische verandering.

### Wedstrijd 2008

Eén werk werd regelmatig ingediend in antwoord op de *eerste vraag* van de Wedstrijd 2008 „Men vraagt een studie over Amerindiaanse rotskunst”:

LEMAITRE, Serge 2005. *Kekeewin* ou *Kekeenowin*. Les peintures rupestres de l'est du bouclier canadien. — Thèse de doctorat, Faculté de Philosophie et Lettres, Université Libre de Bruxelles, vol. 1 (texte), 288 pp. + cd-rom (illustrations et planches).

De HH. Ernie Haerinck, Dirk Huyge en Francis Van Noten worden als verslaggever aangeduid.

Geen enkel werk werd regelmatig ingediend in antwoord op de *tweede vraag* van de Wedstrijd 2008 „Men vraagt een studie over de rol van Dr. Ambedkar in de sociale beweging in India”.

De zitting wordt om 17 uur gegeven.

La Classe décide de consacrer la *deuxième question* du Concours 2010 à une étude anthropologique à l'échelle microsociale portant sur la transformation des rapports hommes-femmes dans le contexte actuel de changement économique.

### Concours 2008

Un travail a été introduit régulièrement en réponse à la *première question* du Concours 2008, intitulée «On demande une étude sur l'art rupestre amérindien»:

LEMAITRE, Serge 2005. *Kekeewin* ou *Kekeenowin*. Les peintures rupestres de l'est du bouclier canadien. — Thèse de doctorat, Faculté de Philosophie et Lettres, Université Libre de Bruxelles, vol. 1 (texte), 288 pp. + cd-rom (illustrations et planches).

MM. Ernie Haerinck, Dirk Huyge et Francis Van Noten sont désignés en qualité de rapporteurs.

Aucun travail n'a été introduit régulièrement en réponse à la *deuxième question* du Concours 2008, intitulée «On demande une étude sur le rôle du Dr Ambedkar dans le mouvement social en Inde».

La séance est levée à 17 h.

## Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen

### Zitting van 29 januari 2008

(Uittreksel van de notulen)

De zitting wordt om 14 u. 30 geopend door de Heer A. Ozer, Directeur, bijgestaan door de Heer J. Rammeloo, Vice-Directeur, en Mevr. D. Swinne, Vast Secretaris.

*Zijn bovendien aanwezig:* de HH. J. Alexandre, I. Beghin, J. Bouharmont, J.-P. Descy, P. Gigase, P. Goyens, J.-M. Jadin, H. Nicolai, Mevr. F. Portaels, de HH. C. Sys, D. Thys van den Audenaerde, P. Van der Veken en E. Van Ranst, werkende leden; de Heer L. D'Haese en Mevr. R. Orban, geassocieerde leden.

*Betuigen hun spijt niet aan de zitting te kunnen deelnemen:* de HH. J. Bolyn, V. De Brouwere, R. Dudal, M. Erpicum, S. Geerts, B. Gryseels, D. Le Ray, M. Lechat, J.-P. Malingreau, J.-C. Micha, S. Pattyn, E. Robbrecht, E. Roche, G. Stoops, R. Swennen, J.-J. Symoens, L. Tack, Mevr. Y. Verhasselt en de Heer M. Wéry.

### Overlijden van de Heer Jean Hiernaux

De Heer André Ozer kondigt het overlijden aan, op 19 oktober 2007, van de Heer Jean Hiernaux, erecorresponderend lid.

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

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

Mevr. Rosine Orban wordt aangeduid om de lofrede van de Heer Jean Hiernaux op te stellen.

### „Diabetes: An Unstoppable Worldwide Epidemic?”

Mevr. Mimi Giri stelt een mededeling voor getiteld als hierboven.

De HH. Philippe Goyens, Claude Joiris en Paul Gigase nemen aan de bespreking deel.

De Klasse wil de publicatie van een tekst overwegen en duidt twee verslaggevers aan.

### „Ecotoxicology: Transfer and Accumulation Mechanisms of Stable Contaminants at the Ecosystem Level. Case Study of Heavy Metals – Mercury and Cadmium – in the Mussel in Mauritania: Ecology and Economics”

De Heer Claude Joiris stelt een mededeling voor getiteld als hierboven.

## Classe des Sciences naturelles et médicales

### Séance du 29 janvier 2008

(Extrait du procès-verbal)

La séance est ouverte à 14 h 30 par M. A. Ozer, Directeur, assisté de M. J. Rammeloo, Vice-Directeur, et de Mme D. Swinne, Secrétaire perpétuelle.

*Sont en outre présents:* MM. J. Alexandre, I. Beghin, J. Bouharmont, J.-P. Descy, P. Gigase, P. Goyens, J.-M. Jadin, H. Nicolai, Mme F. Portaels, MM. C. Sys, D. Thys van den Audenaerde, P. Van der Veken et E. Van Ranst, membres titulaires; M. L. D'Haese et Mme R. Orban, membres associés.

*Ont fait part de leur regret de ne pouvoir assister à la séance:* MM. J. Bolyn, V. De Brouwere, R. Dudal, M. Erpicum, S. Geerts, B. Gryseels, D. Le Ray, M. Lechat, J.-P. Malingreau, J.-C. Micha, S. Pattyn, E. Robbrecht, E. Roche, G. Stoops, R. Swennen, J.-J. Symoens, L. Tack, Mme Y. Verhasselt et M. M. Wéry.

### Décès de M. Jean Hiernaux

M. André Ozer annonce le décès, survenu le 19 octobre 2007, de M. Jean Hiernaux, membre correspondant honoraire.

Il retrace brièvement la carrière du Confrère disparu.

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

Mme Rosine Orban est désignée en qualité de rédacteur de l'éloge de M. Jean Hiernaux.

### «Diabetes: An Unstoppable Worldwide Epidemic?»

Mme Mimi Giri présente une communication intitulée comme ci-dessus.

MM. Philippe Goyens, Claude Joiris et Paul Gigase prennent part à la discussion.

La Classe accepte d'envisager la publication d'un texte et désigne deux rapporteurs.

### «Ecotoxicology: Transfer and Accumulation Mechanisms of Stable Contaminants at the Ecosystem Level. Case Study of Heavy Metals – Mercury and Cadmium – in the Mussel in Mauritania: Ecology and Economics»

M. Claude Joiris présente une communication intitulée comme ci-dessus.

Mevr. Mimi Giri, de HH. Jean-Marie Jadin, Dirk Thys van den Audenaerde, André Ozer en Jan Rammeloo nemen aan de bespreking deel.

De Klasse wil de publicatie van een tekst overwegen en duidt twee verslaggevers aan.

### **Besloten Vergadering**

De werkende en erewerkende leden, in Besloten Vergadering bijeen, verkiezen tot

*Werkend lid:* de HH. Philippe Hennart en Jean-Paul Malingreau.

*Geassocieerd lid:* Mevr. Michèle Wilmet.

*Corresponderend lid:* de HH. Karimou Ambouta en Francis Byekwaso.

De zitting wordt om 16 u. 40 geheven.



Mme Mimi Giri, MM. Jean-Marie Jadin, Dirk Thys van den Audenaerde, André Ozer et Jan Rammeloo prennent part à la discussion.

La Classe accepte d'envisager la publication d'un texte et désigne deux rapporteurs.

#### **Comité secret**

Les membres titulaires et titulaires honoraires, réunis en comité secret, élisent en qualité de

*Membre titulaire:* MM. Philippe Hennart et Jean-Paul Malingreau.

*Membre associé:* Mme Michèle Wilmet.

*Membre correspondant:* MM. Karimou Ambouta et Francis Byekwaso.

La séance est levée à 16 h 40.

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

### **Zitting van 26 februari 2008**

(Uittreksel van de notulen)

De zitting wordt om 14 u. 30 geopend door de Heer A. Ozer, Directeur, bijgestaan door de heer J. Rammeloo, Vice-Directeur, en Mevr. D. Swinne, Vast Secretaris.

*Zijn bovendien aanwezig:* de HH. J. Alexandre, I. Beghin, M. De Dapper, M. Erpicum, P. Gigase, J.-M. Jadin, F. Malaisse, J.-P. Malingreau, H. Nicolaï, E. Robbrecht, C. Sys en M. Wéry, werkende leden; de Heer E. Roche en Mevr. M. Wilmet, geassocieerde leden.

*Betuigden hun spijt niet aan de zitting te kunnen deelnemen:* de HH. J. Alexandre, J. Belot, E. Coppejans, V. De Brouwere, J.-P. Descy, L. D'Haese, P. Goyens, D. Le Ray, H. Maraitte, J.-C. Micha, Mevr. R. Orban, de Heer S. Pattyn, Mevr. F. Portaels, de HH. G. Stoops, J.-J. Symoens, L. Tack, E. Tollens, P. Van der Veken, E. Van Ranst en Mevr. M. Vincx.

### **Overlijden van de Heer Jean-Claude Ruwet**

De Heer André Ozer kondigt het overlijden aan, op 24 december 2007 te Luik, van de Heer Jean-Claude Ruwet, eregeassocieerd lid.

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

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

De Klasse stelt voor de lofrede van de Heer Jean-Claude Ruwet door de Heer Jean-Claude Micha te laten opstellen. De Heer Jean Alexandre is bereid dit te doen mocht het voor de Heer Jean-Claude Micha niet mogelijk zijn.

### **Screening voor baarmoederhalskanker in Myanmar**

Mevr. Marleen Praet stelt een mededeling voor getiteld als hierboven.

De HH. Morgan De Dapper, André Ozer, Paul Gigase en Ivan Beghin nemen aan de bespreking deel.

De Klasse wil de publicatie van een tekst overwegen en duidt twee verslaggevers aan.

## **Classe des Sciences naturelles et médicales**

### **Séance du 26 février 2008**

(Extrait du procès-verbal)

La séance est ouverte à 14 h 30 par M. A. Ozer, Directeur, assisté de M. J. Rammeloo, Vice-Directeur, et de Mme D. Swinne, Secrétaire perpétuelle.

*Sont en outre présents:* MM. J. Alexandre, I. Beghin, M. De Dapper, M. Erpicum, P. Gigase, J.-M. Jadin, F. Malaisse, J.-P. Malingreau, H. Nicolaï, E. Robbrecht, C. Sys et M. Wéry, membres titulaires; M. E. Roche et Mme M. Wilmet, membres associés.

*Ont fait part de leur regret de ne pouvoir assister à la séance:* MM. J. Alexandre, J. Belot, E. Coppejans, V. De Brouwere, J.-P. Descy, L. D'Haese, P. Goyens, D. Le Ray, H. Maraite, J.-C. Micha, Mme R. Orban, M. S. Pattyn, Mme F. Portaels, MM. G. Stoops, J.-J. Symoens, L. Tack, E. Tollens, P. Van der Veken, E. Van Ranst et Mme M. Vincx.

### **Décès de M. Jean-Claude Ruwet**

M. André Ozer annonce le décès, survenu à Liège le 24 décembre 2007, de M. Jean-Claude Ruwet, membre associé honoraire.

Il retrace brièvement la carrière du Confrère disparu.

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

La Classe suggère de confier la rédaction de l'éloge de M. Jean-Claude Ruwet à M. Jean-Claude Micha. M. Jean Alexandre est disposé à se charger de cette tâche au cas où M. Jean-Claude Micha serait dans l'impossibilité de le faire.

### **„Screening voor baarmoederhalskanker in Myanmar”**

Mme Marleen Praet présente une communication intitulée comme ci-dessus.

MM. Morgan De Dapper, André Ozer, Paul Gigase et Ivan Beghin prennent part à la discussion.

La Classe accepte d'envisager la publication d'un texte et désigne deux rapporteurs.

**„Ethnobotanique des Ü (Tibet centro-méridional)”**

De Heer François Malaisse stelt een mededeling voor getiteld als hierboven.

De Heer Jean-Paul Malingreau, Mevr. Marleen Praet, de HH. Jean-Marie Jadin, Elmar Robbrecht, Ivan Beghin, Jan Rammeloo en André Ozer nemen aan de bespreking deel.

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

**Wedstrijd 2010**

De Klasse beslist een vraag van de Wedstrijd 2005 opgesteld door de HH. Paul Gigase en Marc Wéry te hernemen en de *derde vraag* voor de Wedstrijd 2010 te wijden aan een studie die de bijdrage van de moleculaire biologie tot de kennis van een of meerdere tropische parasitaire ziekten aantoot.

De Klasse beslist de *vierde vraag* van de Wedstrijd 2010 te wijden aan een studie over het beheer van natuurrisico's in tropische regio's.

De HH. André Ozer en Morgan De Dapper worden aangeduid om de tekst van deze vraag op te stellen.

De Heer François Malaisse stelt voor een vraag te wijden aan een studie over de bodem-plantrelatie in tropische milieus. Dit voorstel wordt tot de Wedstrijd 2011 uitgesteld.

**Jean-Jacques en Berthe Symoensfonds voor Tropische Limnologie**

Conform artikel 8 c) van het reglement van de Prijs, duidt de Klasse de HH. François Malaisse, Dirk Thys van den Audenaerde en Mevr. Magda Vincx aan om in de jury te zetelen.

De zitting wordt om 17 uur gegeven.

### **Ethnobotanique des Ü (Tibet centro-méridional)**

M. François Malaisse présente une communication intitulée comme ci-dessus.

M. Jean-Paul Malingreau, Mme Marleen Praet, MM. Jean-Marie Jadin, Elmar Robbrecht, Ivan Beghin, Jan Rammeloo et André Ozer prennent part à la discussion.

La Classe décide de publier ce texte dans le *Bulletin des Séances*.

### **Concours 2010**

La Classe décide de reformuler une question du Concours 2005 rédigée par MM. Paul Gigase et Marc Wéry et donc de consacrer la *troisième question* du Concours 2010 à une étude qui démontre l'apport de la biologie moléculaire à la connaissance d'une ou de plusieurs maladies parasitaires tropicales.

La Classe décide de consacrer la *quatrième question* du Concours 2010 à une étude sur la gestion des risques naturels en région tropicale.

MM. André Ozer et Morgan De Dapper sont désignés pour la rédaction de cette question.

M. François Malaisse suggère de consacrer une question à une étude des relations sol-plante en milieux tropicaux. Cette proposition est reportée pour le Concours 2011.

### **Fonds Jean-Jacques et Berthe Symoens de Limnologie tropicale**

Conformément à l'article 8 c) du règlement du Prix, la Classe désigne MM. François Malaisse, Dirk Thys van den Audenaerde et Mme Magda Vincx pour siéger au sein du jury.

La séance est levée à 17 h.

## Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen

### Zitting van 18 maart 2008

(Uittreksel van de notulen)

De zitting wordt om 14 u. 30 geopend door de Heer A. Ozer, Directeur, bijgestaan door de Heer J. Rammeloo, Vice-Directeur, en Mevr. D. Swinne, Vast Secretaris.

*Zijn bovendien aanwezig:* de HH. J. Bouharmont, P. Gigase, H. Maraite, J.-C. Micha, H. Nicolăi, G. Stoops, C. Sys, D. Thys van den Audenaerde en M. Wéry, werkende leden; Mevr. R. Orban, de Heer E. Roche en Mevr. M. Wilmet, geassocieerde leden.

*Betuygden hun spijt niet aan de zitting te kunnen deelnemen:* de HH. I. Beghin, E. Coppejans, V. De Brouwere, M. De Dapper, R. Dudal, M. Erpicum, S. Geerts, P. Goyens, B. Gryseels, D. Le Ray, Mevr. F. Portaels, de HH. E. Robbrecht, J.-J. Symoens, L. Tack, E. Tollens, E. Van Ranst, Mevr. Y. Verhasselt en M. Vincx.

### Overlijden van de Heer Frédéric Fournier

De Heer André Ozer kondigt het overlijden aan, op 22 februari 2008, van de Heer Frédéric Fournier, erecorresponderend lid.

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

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

De opsteller van lofrede van de Heer Frédéric Fournier zal later aangeduid worden.

### Overlijden van de Heer Stefaan Pattyn

De Heer André Ozer kondigt het overlijden aan, op 15 maart 2008 te Edegem, van de Heer Stefaan Pattyn, eregeassocieerd lid.

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

### Projecten van rehabilitatie van infrastructures en van *capacity building* in de DRC (in samenwerking met de Nationale Plantentuin van België)

De Heer Jan Rammeloo brengt verslag uit van zijn zending m.b.t. hogerge-noemde projecten.

De HH. Jean-Claude Micha, Henri Maraite en André Ozer nemen aan de bespreking deel.

## **Classe des Sciences naturelles et médicales**

### **Séance du 18 mars 2008**

(Extrait du procès-verbal)

La séance est ouverte à 14 h 30 par M. A. Ozer, Directeur, assisté de M. J. Rammeloo, Vice-Directeur, et de Mme D. Swinne, Secrétaire perpétuelle.

*Sont en outre présents:* MM. J. Bouharmont, P. Gigase, H. Maraite, J.-C. Micha, H. Nicolai, G. Stoops, C. Sys, D. Thys van den Audenaerde et M. Wéry, membres titulaires; Mme R. Orban, M. E. Roche et Mme M. Wilmet, membres associés.

*Ont fait part de leur regret de ne pouvoir assister à la séance:* MM. I. Beghin, E. Coppejans, V. De Brouwere, M. De Dapper, R. Dudal, M. Erpicum, S. Geerts, P. Goyens, B. Gryseels, D. Le Ray, Mme F. Portaels, MM. E. Robbrecht, J.-J. Symoens, L. Tack, E. Tollens, E. Van Ranst, Mmes Y. Verhasselt et M. Vincx.

#### **Décès de M. Frédéric Fournier**

M. André Ozer annonce le décès, survenu le 22 février 2008, de M. Frédéric Fournier, membre correspondant honoraire.

Il retrace brièvement la carrière du Confrère disparu.

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

Le rédacteur de l'éloge de M. Frédéric Fournier sera désigné ultérieurement.

#### **Décès de M. Stefaan Pattyn**

M. André Ozer annonce le décès, survenu à Edegem le 15 mars 2008, de M. Stefaan Pattyn, membre associé honoraire.

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

#### **«Projecten van rehabilitatie van infrastructuren en van *capacity building* in de DRC (in samenwerking met de Nationale Plantentuin van België)»**

M. Jan Rammeloo présente un rapport de mission intitulé comme ci-dessus.

MM. Jean-Claude Micha, Henri Maraite et André Ozer prennent part à la discussion.

**„Domestication d'une nouvelle espèce de poisson-chat asiatique,  
*Micronema bleekeri*, pour la pisciculture dans le delta du Mékong”**

De Heer Jean-Claude Micha stelt een mededeling voor getiteld als hierboven.  
De HH. Henri Maraite, Dirk Thys van den Audenaerde en André Ozer nemen  
aan de bespreking deel.

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

**Wedstrijd 2010**

De Klasse beslist de *derde vraag* van de Wedstrijd 2010 te wijden aan een studie over de bijdrage van de moleculaire biologie tot de epidemiologie en de controle van tropische parasitaire ziektes van mens en/of dier.

De Klasse beslist de *vierde vraag* van de Wedstrijd 2010 te wijden aan een onderzoek naar het beheer van natuurrisico's in een tropisch milieu.

**Wedstrijd 2008**

Eén werk werd regelmatig ingediend in antwoord op de *derde vraag* van de Wedstrijd 2008 „Men vraagt een geoarcheologische studie in een overzees gebied”, m.n.:

TRISTANT, Yann 2006. L'occupation humaine dans le delta du Nil aux 5<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> millénaires. Approche géo-archéologique à partir de la région de Samara (delta oriental). — Thèse de doctorat, Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales (Toulouse), vol. I (texte), 263 pp. + cd-rom (annexes et planches).

De HH. Henri Nicolai, André Ozer en Emile Roche worden als verslaggever aangeduid.

Eén werk werd regelmatig ingediend in antwoord op de *vierde vraag* van de Wedstrijd 2008 „Men vraagt een studie over de genetische diversiteit van pathogene micro-organismen voor gewassen in tropische streken”, m.n.:

LEPOINT, Pascale 2006. Speciation within the African Coffee Wilt Pathogen. — Thèse de doctorat, Faculté d'ingénierie biologique, agronomique et environnementale, Université Catholique de Louvain, 208 blz.

De HH. Edmond De Langhe, Jan Rammeloo en Rony Swennen worden als verslaggever aangeduid.



**Domestication d'une nouvelle espèce de poisson-chat asiatique,  
*Micronema bleekeri*, pour la pisciculture dans le delta du Mékong**

M. Jean-Claude Micha présente une communication intitulée comme ci-dessus.

MM. Henri Maraite, Dirk Thys van den Audenaerde et André Ozer prennent part à la discussion.

La Classe décide de publier ce texte dans le *Bulletin des Séances*.

**Concours 2010**

La Classe décide de consacrer la *troisième question* du Concours 2010 à une étude sur l'apport de la biologie moléculaire à l'épidémiologie et au contrôle des maladies parasitaires tropicales humaines et/ou vétérinaires.

La Classe décide de consacrer la *quatrième question* du Concours 2010 à une recherche sur la gestion des risques naturels en milieu tropical.

**Concours 2008**

Un travail a été introduit régulièrement en réponse à la *troisième question* du Concours 2008, intitulée «On demande une étude géo-archéologique dans une région d'outre-mer», à savoir:

TRISTANT, Yann 2006. L'occupation humaine dans le delta du Nil aux 5<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> millénaires. Approche géo-archéologique à partir de la région de Samara (delta oriental). — Thèse de doctorat, Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales (Toulouse), vol. I (texte), 263 pp. + cd-rom (annexes et planches).

MM. Henri Nicolai, André Ozer et Emile Roche sont désignés en qualité de rapporteurs.

Un travail a été introduit régulièrement en réponse à la *quatrième question* du Concours 2008, intitulée «On demande une étude sur la diversité génétique de micro-organismes pathogènes pour les plantes en région tropicale», à savoir:

LEPOINT, Pascale 2006. Speciation within the African Coffee Wilt Pathogen. — Thèse de doctorat, Faculté d'ingénierie biologique, agronomique et environnementale, Université Catholique de Louvain, 208 pp.

MM. Edmond De Langhe, Jan Rammeloo et Rony Swennen sont désignés en qualité de rapporteurs.

**Floribert Jurionfonds**

De HH. Jacques Bolyn, Joseph Meyer en Carolus Sys hebben te kennen gegeven dat zij geen deel meer wensen uit te maken van de commissie. De Klasse duidt de HH. Bruno Delvaux, François Malaisse, Henri Maraite en Jan Rammeloo als nieuwe leden aan.

Deze leden worden voor een duur van vier jaar verkozen.

De zitting wordt om 16 u. 55 geheven.

**Fonds Floribert Jurion**

MM. Jacques Bolyn, Joseph Meyer et Carolus Sys ayant exprimé le désir de ne plus siéger au sein de la commission, la Classe désigne MM. Bruno Delvaux, François Malaisse, Henri Maraite et Jan Rammeloo comme nouveaux membres de cet organe.

Ces membres sont élus pour une durée de quatre ans.

La séance est levée à 16 h 55.

## Klasse voor Technische Wetenschappen

### Zitting van 31 januari 2008

(Uittreksel van de notulen)

De zitting wordt om 14 u. 30 geopend door de Heer L. Dejonghe, Directeur, bijgestaan door de Heer J. Berlamont, Vice-Directeur, en Mevr. D. Swinne, Vast Secretaris.

*Zijn bovendien aanwezig:* de HH. L. André, J. De Cuyper, H. Deelstra, D. Demaiffe, G. Demarée, P. De Meester, C. De Meyer, P. Goossens, A. Jaumotte, R. Leenaerts, J. Marchal, A. Monjoie en R. Paepe, werkende leden; de HH. A. Bernard, A. Buldgen, J. Hus en P. Muchez, geassocieerde leden; Mevr. Y. Verhasselt, lid van de Klasse voor Morele en Politieke Wetenschappen.

*Betuigden hun spijt niet aan de zitting te kunnen deelnemen:* de HH. T. Camelbeeck, J. Charlier, J. Debevere, J.-J. Droesbeke, A. Lejeune, W. Loy, L. Martens, J. Michot, H. Paelinck, J. J. Peters, E. Pirard, J. Poesen, J. Roos, P. Van Damme, T. Van Frachen en W. Van Impe.

#### Waarom is Planeet Mars rood?

De Heer Roland Paepe stelt een mededeling voor getiteld als hierboven.

De HH. Paul De Meester, Jozef Hus en Hendrik Deelstra nemen aan de bespreking deel.

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

#### **„Ressources minérales et bonne gouvernance au Katanga (RDC): vers un processus de certification des minerais de cuivre et de cobalt”**

De Heer Thierry De Putter stelt een mededeling voor getiteld als hierboven.

De HH. Jacques De Cuyper, Pierre Goossens, Robert Leenaerts en Luc André nemen aan de bespreking deel.

De Klasse is bereid de publicatie van een tekst te overwegen en duidt twee verslaggevers aan.

#### Besloten Vergadering

De werkende en erewerkende leden, in besloten vergadering bijeen, verkiezen tot

*Werkend lid:* de heer Thierry Camelbeeck.

De zitting wordt om 16 u. 35 geheven.

## Classe des Sciences techniques

### Séance du 31 janvier 2008

(Extrait du procès-verbal)

La séance est ouverte à 14 h 30 par M. L. Dejonghe, Directeur, assisté de M. J. Berlamont, Vice-Directeur, et de Mme D. Swinne, Secrétaire perpétuelle.

*Sont en outre présents:* MM. L. André, J. De Cuyper, H. Deelstra, D. Demaiffe, G. Demarée, P. De Meester, C. De Meyer, P. Goossens, A. Jaumotte, R. Leenaerts, J. Marchal, A. Monjoie et R. Paepe, membres titulaires; MM. A. Bernard, A. Buldgen, J. Hus et P. Muchez, membres associés; Mme Y. Verhasselt, membre de la Classe des Sciences morales et politiques.

*Ont fait part de leur regret de ne pouvoir assister à la séance:* MM. T. Camelbeeck, J. Charlier, J. Debevere, J.-J. Droesbeke, A. Lejeune, W. Loy, L. Martens, J. Michot, H. Paelinck, J.-J. Peters, E. Pirard, J. Poesen, J. Roos, P. Van Damme, T. Van Frachen et W. Van Impe.

#### «Waarom is Planeet Mars rood?»

M. Roland Paepe présente une communication intitulée comme ci-dessus.

MM. Paul De Meester, Jozef Hus et Hendrik Deelstra prennent part à la discussion.

La Classe décide de publier ce texte dans le *Bulletin des Séances*.

#### **Ressources minérales et bonne gouvernance au Katanga (RDC): vers un processus de certification des minerais de cuivre et de cobalt**

M. Thierry De Putter présente une communication intitulée comme ci-dessus.

MM. Jacques De Cuyper, Pierre Goossens, Robert Leenaerts et Luc André prennent part à la discussion.

La Classe accepte d'envisager la publication d'un texte et désigne deux rapporteurs.

#### Comité secret

Les membres titulaires et titulaires honoraires, réunis en comité secret, en qualité de

*Membre titulaire:* M. Thierry Camelbeeck.

La séance est levée à 16 h 35.

## **Klasse voor Technische Wetenschappen**

### **Zitting van 28 februari 2008**

(Uittreksel van de notulen)

De zitting wordt om 14 u. 30 geopend door de Heer L. Dejonghe, Directeur, bijgestaan door de Heer J. Berlamont, Vice-Directeur, en Mevr. D. Swinne, Vast Secretaris.

*Zijn bovendien aanwezig:* de HH. T. Camelbeeck, J. Charlier, E. Cuypers, J. De Cuyper, G. Demarée, R. Leenaerts, W. Loy, H. Paelinck en M. Van den Herrewegen, werkende leden; de HH. J. Hus, T. Van Frachen en R. Winand, geassocieerde leden.

*Betuigden hun spijt niet aan de zitting te kunnen deelnemen:* de HH. J.-M. Charlet, C. De Meyer, J. Debevere, H. Deelstra, J.-J. Droesbeke, P. Goossens, A. Lejeune, J. Marchal, J. Michot, P. Muchez, T. Notteboom, J. J. Peters, J. Roos, P. Sorgeloos, F. Thirion, P. Van Damme, W. Van Impe en M. Van Montagu.

### **Overlijden van de Heer Giuseppe Valentini**

De Heer Léon Dejonghe kondigt het overlijden aan van de Heer Giuseppe Valentini, erecorresponderend lid.

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

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

Mevr. Danielle Swinne zal de naam van de opsteller van de lofrede van de Heer Giuseppe Valentini tijdens de volgende zitting medelen.

### **„Vers la fin des navires porte-barges.**

### **Une opportunité manquée pour les pays en développement?”**

De Heer Jacques Charlier stelt een mededeling voor getiteld als hierboven.

De HH. Honoreus Paelinck, Edward Cuypers, Walter Loy en Thierry Camelbeeck nemen aan de bespreking deel.

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

### **Een scheepswrak... niet altijd de wraak van de zee**

De Heer Walter Loy stelt een mededeling voor getiteld als hierboven.

De HH. Gaston Demarée en Jean Berlamont nemen aan de bespreking deel.

## **Classe des Sciences techniques**

### **Séance du 28 février 2008**

(Extrait du procès-verbal)

La séance est ouverte à 14 h 30 par M. L. Dejonghe, Directeur, assisté de M. J. Berlamont, Vice-Directeur, et de Mme D. Swinne, Secrétaire perpétuelle.

*Sont en outre présents:* MM. T. Camelbeeck, J. Charlier, E. Cuypers, J. De Cuyper, G. Demarée, R. Leenaerts, W. Loy, H. Paelinck et M. Van den Herrewegen, membres titulaires; MM. J. Hus, T. Van Frachen et R. Winand, membres associés.

*Ont fait part de leur regret de ne pouvoir assister à la séance:* MM. J.-M. Charlet, C. De Meyer, J. Debevere, H. Deelstra, J.-J. Droesbeke, P. Goossens, A. Lejeune, J. Marchal, J. Michot, P. Muchez, T. Notteboom, J. J. Peters, J. Roos, P. Sorgeloos, F. Thirion, P. Van Damme, W. Van Impe et M. Van Montagu.

### **Décès de M. Guiseppe Valentini**

M. Léon Dejonghe annonce le décès de M. Guiseppe Valentini, membre correspondant honoraire.

Il retrace brièvement la carrière du Confrère disparu.

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

Danielle Swinne communiquera le nom du rédacteur de l'éloge de M. Guiseppe Valentini lors de la prochaine séance.

### **Vers la fin des navires porte-barges.**

#### **Une opportunité manquée pour les pays en développement?**

M. Jacques Charlier présente une communication intitulée comme ci-dessus.

MM. Honoreus Paelinck, Edward Cuypers, Walter Loy et Thierry Camelbeeck prennent part à la discussion.

La Classe décide de publier ce texte dans le *Bulletin des Séances*.

### **„Een scheepswrak... niet altijd de wraak van de zee”**

M. Walter Loy présente un rapport de mission intitulé comme ci-dessus.

MM. Gaston Demarée et Jean Berlamont prennent part à la discussion.

### Wedstrijd 2010

De Klasse beslist een vraag van de Wedstrijd 2005, opgesteld door de HH. Marcel De Boodt en Jean Jacques Peters, opnieuw te formuleren en de *vijfde vraag* van de Wedstrijd 2010 te wijden aan een studie van het beheer en de behandeling van baggerspecie in tropische gebieden.

De HH. Marcel De Boodt en Jean Jacques Peters worden voor het opstellen van de vraag aangeduid.

De Klasse beslist een vraag van de Wedstrijd 2007, opgesteld door de HH. Theo Notteboom en Edward Cuypers, opnieuw te formuleren en de *zesde vraag* van de Wedstrijd 2010 te wijden aan een studie over de ontwikkeling van transportcorridors in ontwikkelingslanden.

De HH. Jacques Charlier en Honoreus Paelinck worden aangeduid om de vraag aan te passen.

De zitting wordt om 16 u. 30 geheven.



### Concours 2010

La Classe décide de reformuler une question du Concours 2005 rédigée par MM. Marcel De Boodt et Jean Jacques Peters et donc de consacrer la *cinquième question* du Concours 2010 à une étude sur la gestion et le traitement des produits de dragage dans les régions tropicales.

MM. Marcel De Boodt et Jean Jacques Peters sont désignés pour la rédaction de cette question.

La Classe décide de reformuler une question du Concours 2007 rédigée par MM. Theo Notteboom et Edward Cuypers et donc de consacrer la *sixième question* du Concours 2010 à une étude sur le développement des corridors de transport dans les pays en développement.

MM. Jacques Charlier et Honoreus Paelinck sont désignés pour la réadaptation de cette question.

La séance est levée à 16 h 30.

## **Klasse voor Technische Wetenschappen**

### **Zitting van 20 maart 2008**

(Uittreksel van de notulen)

De zitting wordt om 14 u. 30 geopend door de Heer L. Dejonghe, Directeur, bijgestaan door Mevr. D. Swinne, Vast Secretaris.

*Zijn bovendien aanwezig:* de HH. J.-M. Charlet, J. De Cuyper, H. Deelstra, D. Demaiffe, R. Leenaerts, W. Loy, J. J. Peters en M. Van den Herrewegen, werkende leden; de HH. A. Bernard, P. Ozer, M. Van Montagu en R. Winand, geassocieerde leden; Mevr. Y. Verhasselt, lid van de Klasse voor Morele en Politieke Wetenschappen.

*Betuigden hun spijt niet aan de zittingen te kunnen deelnemen:* de HH. L. André, P. Beckers, J. Berlamont, J. Charlier, M. De Boodt, P. De Meester, C. De Meyer, J.-J. Droesbeke, P. Goossens, A. Lejeune, J. Marchal, L. Martens, J. Michot, A. Monjoie, P. Muchez, H. Paelinck, E. Pirard, J. Poesen, J. Roos, P. Sorgeloos en W. Van Impe.

#### **„Les signes précurseurs de l'éruption actuelle du volcan Kelud (Java, Indonésie)”**

De Heer Alain Bernard stelt een mededeling voor getiteld als hierboven.

De HH. Jean-Marie Charlet, Pierre Ozer en Hendrik Deelstra nemen aan de bespreking deel.

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

#### **„The Importance of GMO Crops for Developing Countries”**

De Heer Marc Van Montagu stelt een mededeling voor getiteld als hierboven.

De HH. Walter Loy en Pierre Ozer nemen aan de bespreking deel.

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

### **Wedstrijd 2010**

De Klasse beslist de *vijfde vraag* van de Wedstrijd 2010 te wijden aan een studie van het beheer en de behandeling van baggerspecie in tropische gebieden.

De Klasse beslist de *zesde vraag* van de Wedstrijd 2010 te wijden aan een studie over de ontwikkeling van transportcorridors in tropische gebieden.

## Classe des Sciences techniques

### Séance du 20 mars 2008

(Extrait du procès-verbal)

La séance est ouverte à 14 h 30 par M. L. Dejonghe, Directeur, assisté de Mme D. Swinne, Secrétaire perpétuelle.

*Sont en outre présents:* MM. J.-M. Charlet, J. De Cuyper, H. Deelstra, D. Demaiffe, R. Leenaerts, W. Loy, J. J. Peters et M. Van den Herrewegen, membres titulaires; MM. A. Bernard, P. Ozer, M. Van Montagu et R. Winand, membres associés; Mme Y. Verhasselt, membre de la Classe des Sciences morales et politiques.

*Ont fait part de leur regret de ne pouvoir assister à la séance:* MM. L. André, P. Beckers, J. Berlamont, J. Charlier, M. De Boodt, P. De Meester, C. De Meyer, J.-J. Droesbeke, P. Goossens, A. Lejeune, J. Marchal, L. Martens, J. Michot, A. Monjoie, P. Muchez, H. Paelinck, E. Pirard, J. Poesen, J. Roos, P. Sorgeloos et W. Van Impe.

#### **Les signes précurseurs de l'éruption actuelle du volcan Kelud (Java, Indonésie)**

M. Alain Bernard présente une communication intitulée comme ci-dessus.

MM. Jean-Marie Charlet, Pierre Ozer et Hendrik Deelstra prennent part à la discussion.

La Classe décide de publier ce texte dans le *Bulletin des Séances*.

#### **«The Importance of GMO Crops for Developing Countries»**

M. Marc Van Montagu présente une communication intitulée comme ci-dessus.

MM. Walter Loy et Pierre Ozer prennent part à la discussion.

La Classe décide de publier ce texte dans le *Bulletin des Séances*.

#### **Concours 2010**

La Classe décide de consacrer la *cinquième question* du Concours 2010 à une étude sur la gestion et le traitement des produits de dragage dans les régions tropicales.

La Classe décide de consacrer la *sixième question* du Concours 2010 à une étude sur le développement des corridors de transport dans les pays en développement.

### Wedstrijd 2008

Twee werken werden regelmatig ingediend in antwoord op de *vijfde vraag* van de Wedstrijd 2008 „Men vraagt een oorspronkelijke bijdrage tot de klimaatreconstructie van het vorige millennium op basis van historische klimatologische informatie en/of oude instrumentele klimatologische waarnemingsreeksen met betrekking tot een overzees gebied of land, m.n.:

BOES, Xavier 2008. Contribution originale à la reconstruction des cycles *El Niño* en Amérique du Sud au cours des six derniers siècles à partir de varves lacustres. — Uccle (Bruxelles), Observatoire Royal de Belgique, 50 blz.

CARCELEN RELUZ, Carlos 2008. Impacto del cambio climático en Lima y su entorno en el siglo XVIII. — Lima (Perú), Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 132 blz.

De HH. Gaston Demarée, Jean-Jacques Droesbeke en Eric Lambin worden als verslaggever aangeduid.

Geen enkel werk werd regelmatig ingediend in antwoord op de *zesde vraag* van de Wedstrijd 2008 „Men vraagt een studie van het beheer van de behandeling van verontreinigde baggerspecie in tropische gebieden, in het bijzonder in verband met de aanwezigheid van zware metalen”.

De zitting wordt om 16 u. 45 geheven.

### Concours 2008

Deux travaux ont été introduits régulièrement en réponse à la *cinquième question* du Concours 2008, intitulée «On demande une contribution originale à la reconstruction du climat du dernier millénaire, basée sur l'information climatologique historique et/ou sur des séries d'anciennes observations instrumentales et relative à une région ou un pays d'outre-mer», à savoir:

BOES, Xavier 2008. Contribution originale à la reconstruction des cycles *El Niño* en Amérique du Sud au cours des six derniers siècles à partir de varves lacustres. — Uccle (Bruxelles), Observatoire Royal de Belgique, 50 pp.

CARCELEN RELUZ, Carlos 2008. Impacto del cambio climático en Lima y su entorno en el siglo XVIII. — Lima (Perú), Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 132 pp.

MM. Gaston Demarée, Jean-Jacques Droesbeke et Eric Lambin sont désignés en qualité de rapporteurs.

Aucun travail n'a été introduit régulièrement en réponse à la *sixième question* du Concours 2008, intitulée «On demande une étude sur la gestion et le traitement des produits de dragage dans les régions tropicales, en particulier en relation avec la présence de métaux lourds».

La séance est levée à 16 h 45.

## INHOUDSTAFEL — TABLE DES MATIERES

Agenda 2009 .....	100
<b>Wetenschappelijke mededelingen</b> <b>Communications scientifiques</b>	
<i>Klasse voor Morele en Politieke Wetenschappen / Classe des Sciences morales et politiques:</i>	
L. BAECK. — China's economische reuzensprong .....	105
S. PLASSCHAERT. — China's Drive in Africa .....	119
<i>Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen / Classe des Sciences naturelles et médicales:</i>	
T. PHAN TRONG. — Active Tectonics and Seismotectonics in Vietnam .....	131
J. VAN CAMP <i>et al.</i> — Improving the Quality of Complementary Food for Young Children in Africa .....	159
<i>Klasse voor Technische Wetenschappen / Classe des Sciences techniques:</i>	
D. DEMAÏFFE. — Le magmatisme alcalin et carbonatitique: synthèse sur la province paléozoïque de Kola (Russie) et caractéristiques générales du massif protérozoïque de Matongo (Burundi) .....	171
P. VAN DAMME. — From African Ethnobotanical Biodiversity to Domestication of New Crops for Development.....	197
<b>Lofrede — Eloge</b>	
André HUYBRECHTS.....	215
<b>Notulen — Procès-verbaux</b>	
<i>Klasse voor Morele en Politieke Wetenschappen / Classe des Sciences morales et politiques:</i>	
Zitting van 22 januari 2008 / Séance du 22 janvier 2008 .....	220; 221
Zitting van 19 februari 2008 / Séance du 19 février 2008 .....	222; 223
Zitting van 11 maart 2008 / Séance du 11 mars 2008 .....	226; 227
<i>Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen / Classe des Sciences naturelles et médicales:</i>	
Zitting van 29 januari 2008 / Séance du 29 janvier 2008 .....	230; 231
Zitting van 26 februari 2008 / Séance du 26 février 2008 .....	234; 235
Zitting van 18 maart 2008 / Séance du 18 mars 2008 .....	238; 239
<i>Klasse voor Technische Wetenschappen / Classe des Sciences techniques:</i>	
Zitting van 31 januari 2008 / Séance du 31 janvier 2008 .....	244; 245
Zitting van 28 februari 2008 / Séance du 28 février 2008 .....	246; 247
Zitting van 20 maart 2008 / Séance du 20 mars 2008 .....	250; 251

