



**MEDEDELINGEN DER ZITTINGEN
BULLETIN DES SEANCES**

54 (3)

**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 (3)

**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

WETENSCHAPPELIJKE MEDEDELINGEN

COMMUNICATIONS SCIENTIFIQUES

Klasse voor Morele en Politieke Wetenschappen

Classe des Sciences morales et politiques

Une base avancée de la *Royal Air Force* à Banana (RDC) durant la Seconde Guerre mondiale (mars 1943 - septembre 1944)*

par

Paul RAYMAEKERS**

MOTS-CLES. — Bataille de l'Atlantique; Hydravions; *Royal Air Force*; Force Publique.

RESUME. — De mars 1943 à septembre 1944 fut établie sur la presqu'île de Banana, à l'embouchure du fleuve Congo, une base d'hydravions du *Coastal Command* de la *Royal Air Force*. Des bases avancées similaires furent établies à Pointe-Noire, Libreville, Abidjan, la base de commandement étant implantée à Apapa, port de Lagos.

Un dispositif analogue était organisé depuis Freetown (Sierra Leone) et s'étendait jusqu'à Gibraltar. L'examen d'archives britanniques inédites, particulièrement l'*Operations Record Book* de la *RAF Advanced Base* de Banana permet de décrire la constitution et la vie des forces armées britanniques et belgo-congolaises à Banana pendant la période considérée.

TREFWOORDEN. — De slag om de Atlantische Oceaan; Hydroplanen; *Royal Air Force*; *Force publique*.

SAMENVATTING. — Een vooruitgeschoven basis van de *Royal Air Force* in Banana (DRC) tijdens de Tweede Wereldoorlog (maart 1943 - september 1944). — Van maart 1943 tot september 1944 werd er op het schiereiland Banana, aan de monding van de Congostroom, een hydroplaanbasis van de *Coastal Command* van de *Royal Air Force* opgesteld. Gelijkaardige vooruitgeschoven bases werden opgesteld in Pointe-Noire, Libreville, Abidjan, terwijl de commandobasis gevestigd was in Apapa, haven van Lagos.

Vanuit Freetown (Sierra Leone) werd een gelijkaardige opstelling georganiseerd die tot Gibraltar reikte. Onderzoek van onuitgegeven Britse archieven, meer bepaald van de *Operations Record Book* van de *RAF Advanced Base* van Banana, maakt het mogelijk de samenstelling en het leven van de Britse en Belgisch-Congolese strijdkrachten in Banana in die periode te beschrijven.

KEYWORDS. — Battle of the Atlantic; Seaplanes; *Royal Air Force*; *Force Publique*.

SUMMARY. — *An Advanced Royal Air Force Base in Banana (DRC) during World War Two (March 1943 - September 1944)*. — From March 1943 until September 1944, a seaplane base of the *Royal Air Force Coastal Command* was set up in Banana's peninsula

* Communication présentée à la séance de la Classe des Sciences morales et politiques tenue le 22 janvier 2008. Texte reçu le 22 janvier 2008.

** Membre de l'Académie; président de la *Paul Raymaekers Foundation* (PRF).

at the mouth of Congo River. Similar advanced bases were set up in Pointe-Noire, Libreville, Abidjan, but the headquarters base was established in Apapa, Lagos Harbour.

A similar system was organized from Freetown (Sierra Leone) and extended as far as Gibraltar. Through the examination of British unpublished archives, especially the "Operations Record Book" of the RAF Advanced Base in Banana, the formation and life of British and Belgo-Congolese armed forces in Banana during the period concerned, could be described.

1. Introduction: pourquoi une base de la Royal Air Force à Banana?

Pour répondre à cette question, il convient de rappeler brièvement la dynamique de la Bataille de l'Atlantique engagée dès septembre 1939 par les sous-marins et les navires de surface de la *Kriegsmarine* allemande, et par la pose également d'innombrables mines marines par les belligérants.

Les historiens rapportent généralement plusieurs phases dans le déroulement de cette bataille dont le but essentiel était d'annihiler le ravitaillement par voie maritime tant de la Grande-Bretagne qu'à partir de 1942 des Etats-Unis d'Amérique.

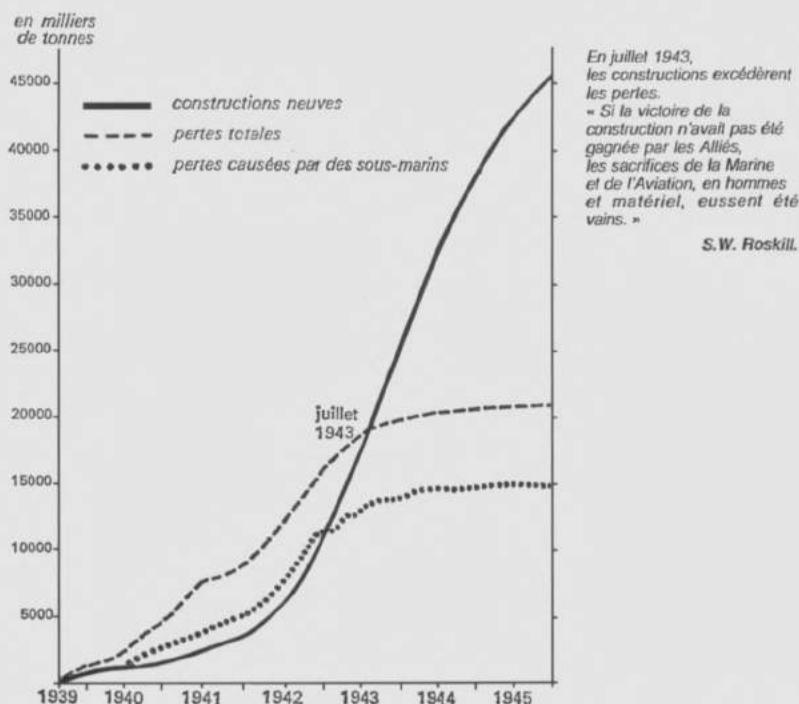


Fig. 1. — Totalité des gains et pertes des navires marchands alliés (septembre 1939 - août 1945) [1]*.

* Les chiffres entre crochets [] renvoient aux notes et références, p. 278.

Pour sa facilité, à l'aide de quelques indications statistiques, le présent exposé ne distinguera que deux périodes:

- La *première période*, désastreuse pour les Alliés, qui verra de manière impitoyable le nombre de navires marchands détruits dépasser sans cesse le nombre de constructions de navires marchands neufs.
- La *seconde période* qui permettra à l'effort de guerre des Alliés — plus particulièrement des Etats-Unis — d'accroître de façon quasi exponentielle la production de navires neufs et de dépasser largement les chiffres, jusque-là négatifs, des pertes enregistrées. C'est en juillet 1943 que les constructions de navires neufs excédèrent les pertes (fig. 1). Cette date de juillet 1943 est souvent considérée pour les Alliés comme celle du retournement de la situation et de son évolution vers la victoire.

A cet effort de constructions accrues de navires marchands par les Alliés doit s'ajouter la mise au point de techniques nouvelles dans la lutte anti-sous-marine, notamment par l'utilisation d'avions adaptés, et plus particulièrement d'hydravions, secteur qui nous intéresse ici.

Tableau 1

Tonnage des navires britanniques, alliés et neutres perdus (pour toutes causes) sur le théâtre Atlantique [2]

A. De septembre 1939 à décembre 1942 (quarante mois): moyenne mensuelle théorique de pertes = 346 386 tonnes	13 855 446 tonnes perdues
B. De janvier 1943 à août 1945 (trente-deux mois): moyenne mensuelle théorique de pertes = 36 239 tonnes	1 159 656 tonnes perdues
Commentaires: malgré l'augmentation croissante considérable du trafic maritime allié et l'effort souvent désespéré des forces allemandes, le chiffre des pertes alliées en tonnages marchands sera diminué de plus de 85 % pendant la seconde période considérée (juillet 1943 - août 1945).	

Les statistiques figurant au tableau 1 confirment l'efficacité des méthodologies de lutte suivies en la matière.

Par corollaire, particulièrement dans le secteur des sous-marins de la Kriegsmarine, le bilan des pertes s'inverse en aval et en amont de la date de juillet 1943 (tab. 2).

La décision d'améliorer la protection des lignes maritimes longeant la côte occidentale de l'Afrique s'inscrit logiquement dans l'effort global britannique de lutte anti-sous-marine. Cela se justifiait d'autant plus du fait que, depuis août 1942, les sous-marinières allemands accentuèrent leurs attaques au large du Sierra Leone d'une part, à hauteur du Cap de Bonne Espérance et au sud de Madagascar d'autre part.

Le renforcement et l'efficacité des mesures techniques anti-sous-marines alliées incitaient manifestement les Allemands à attaquer dans des zones moins protégées. Pour mieux sécuriser leurs lignes maritimes africaines peu protégées,

Tableau 2

Nombre de sous-marins allemands détruits [3]

A. De septembre 1939 à décembre 1942 (quarante mois): moyenne mensuelle théorique de pertes = 3,825 unités	153 unités perdues
B. De janvier 1943 à mai 1945 (vingt-huit mois): moyenne mensuelle théorique de pertes = 22,464 unités	629 unités perdues
Commentaires: le chiffre des pertes de sous-marins allemands augmente de près de sept fois (683,83 %) pendant la période considérée (juillet 1943 – mai 1945).	

les Alliés décidèrent, vers la fin 1942, de les faire surveiller par l'aviation, tâche confiée au *Coastal Command* de la *Royal Air Force*.

Concrètement, sur la côte occidentale de l'Afrique, la *Royal Air Force* établit deux bases principales:

- **Première Base:** Jui (en Gambie, colonie britannique), crique située à une centaine de miles de Freetown. Cette base fut confiée au *490 Squadron* néo-zélandais équipé d'hydravions, notamment de quadrimoteurs Short Sunderland qui patrouillaient jusqu'à Gibraltar. Le *490 Squadron* utilisait également des bases avancées dont une nous est connue: Port-Etienne, l'actuelle Nouadhibou, en Mauritanie. A Freetown, pour la garde rapprochée de ce port important, était basé le *777 Squadron* de la *Fleet Air Arm (British Navy)* équipé de «vénérables» Fairey Swordfish et d'hydravions Walrus, suivis plus tard d'hydravions Vought Sikorsky Kingfisher. Le *777 Squadron* ouvrit une base avancée au Liberia, à Harper, localité frontière avec la Côte-d'Ivoire [4].
- **Deuxième Base:** Apapa (port de Lagos, au Nigeria). Cette base fut confiée au *270 Squadron* de la *Royal Air Force*, initié en Egypte en 1918 et reformé à Jui (Gambie) le 12 novembre 1942. Ce *Squadron* utilisera d'abord simultanément des hydravions bimoteurs Catalina et des hydravions quadrimoteurs Sunderland; en mai 1944, les Catalina ne seront plus utilisés. Les bases avancées desservies par le *270 Squadron* sont, du nord au sud: Abidjan, Libreville, Pointe-Noire, Banana. Dans ce dispositif, ce sera la base avancée de Banana qui fera l'objet de notre attention.

2. La base avancée de la *Royal Air Force* à Banana

2.1. LE SITE DE BANANA

Position: 6° 01' S 12° 25' E

Décrivant l'embouchure du fleuve Congo, feu notre confrère Jean Meulenbergh [5] précisait ce qui suit:

- De part et d'autre de l'embouchure, la côte se termine par une flèche de sable.
- Isolant les mangroves de l'océan, un mince cordon littoral précède cette flèche de sable, dont l'extrémité se trouve élargie. Le site de Banana se trouve sur

cet élargissement et la route qui le relie à Muanda est établie sur la digue naturelle formée par le cordon littoral.

Les figures 2 et 3 confirment cette description:



Fig. 2. — Photo satellite de la pointe de Banana (© *Image Digital Globe*, 2006).



Fig. 3. — Vue aérienne de la pointe de Banana (Photo: A. Van den Heuvel [6], © ARSOM).

2.2. POINT DE DEPART — ÉTABLISSEMENT DU PROGRAMME

En première mention de sa page 1, l'*Operations Record Book* de la RAF *Advanced Base* de Banana rapporte qu'en date du 19 mars 1943 amerrit, dans la crique de Banana, venant de Léopoldville, un hydravion Catalina. Cet hydravion fera route ensuite vers Freetown (Sierra Leone) où est alors basé le 270 Squadron y reformé quatre mois auparavant. Sous peu, ce Squadron sera basé à Apapa, le port de Lagos (Nigeria).

Débarquent de l'hydravion les personnalités suivantes: le *Squadron Leader* Newton (RAF), le major Street (Mission militaire britannique à Léopoldville), le commandant Poussart (Force Publique belge), Mr Oats (*RAF Engineer*).

Ils sont accueillis à Banana par l'adjudant Cahen (interprète et officier de liaison de la Force Publique) arrivé à Banana dès le 16 mars en provenance de Léopoldville. Les précités, auxquels se joindront le major Dewert (*Marine Engineer*, Boma) et le lieutenant Schmidt (Force Publique, Banana), tiendront réunion les 19, 20 et 21 mars 1943. Le procès-verbal de cette réunion tiendra lieu, après agrément des autorités belges, de programme à exécuter.

Les rubriques essentielles de ce «programme» sont citées ci-après:

- Installation d'une *station d'émission et de réception radio*. Plusieurs bâtiments doivent être construits et achevés avant fin avril 1943.
- Un vieux *bateau ravitailleur* (déjà utilisé aux Indes) sera basé au port de Banana dès fin avril 1943. Il servira de dépôt permanent. (Apprenant les dimensions du bateau, plus de 140 m de long et un tirant d'eau de ca 7,40 m, le major Dewert objecte que, sans dragage du chenal d'accès à Banana et allègement sérieux du bateau ravitailleur, celui-ci ne pourra être utilisé.)
- *Arrangements pour le personnel*: le personnel arrivera en même temps que le bateau ravitailleur. A dater du 24 mars, installation d'un camp de tentes par la Force Publique (logement, mess, bureaux, filtres à eau, frigos, ...).
- *Eclairage & électricité*: seront fournis par le bateau ravitailleur.
- *Equipements sanitaires*: en plus des possibilités du bateau ravitailleur, la RAF devra assumer ses propres services en la matière.
- *Ravitaillement*: vivres frais depuis la Ferme Piérard (Muanda), la Compagnie des Produits (île Mateba), le Mayumbe. Extension des apports de la Force Publique basée à Muanda. Transports routiers à prévoir.
- *Bois de chauffage*: fournitures locales.
- *Eau potable*: sera amenée par barge-citerne. Budget à prévoir avec les autorités belges.
- *Arrangements hospitaliers*: le vieux dispensaire de Banana sera transformé en hôpital. Les cas graves seront évacués à Boma par route ou à Léopoldville par avion.
- *Entretien et réparation des hydravions*: construction d'un *Slipway* (avec chariot) et de surfaces de garage bétonnées.
- *Stocks de carburants*: 180 000 gallons (ca 818 280 litres) d'essence 100 octane (répartis en six citernes de 30 000 gallons bien séparées entre elles).

90 000 gallons (ca 409 140 litres) d'huile. 2 000 gallons (ca 9 092 litres) d'essence 87 octane.

- **Dépôts d'explosifs** (grenades sous-marines, munitions diverses, ...): construction de deux magasins fermés (10 x 5 m) + création de sites ouverts.
- **Pier**: pour desservir les dépôts de carburants et d'explosifs, un pier de ca 40 m de longueur devra être construit. Le major Dewert objecte que, faute de main-d'œuvre, les services des voies navigables ne pourront intervenir en ce domaine.
- **Travail des indigènes**: il faudra leur construire du logement et constituer un stock de vivres (peut-être à la Force Publique basée à Muanda).
- **Payements**: le major Street (RAF) suggère que tous les payements importants soient réalisés par la Force Publique et lui-même. Il ne peut se concevoir d'arrêt des travaux suite à des problèmes de payement. Il se porte garant.
- **Espèces financières**: un crédit de 50 000 francs (congolais) est remis à la Force Publique. La gestion en est confiée au lieutenant Schmidt (Force Publique, Banana). Les espèces seront remises à l'administrateur (territorial) de Banana qui est le trésorier local officiel.
- **Transport**: les autorités britanniques demandent à la Force Publique la remise de deux véhicules *Pick-up* et de deux (ou trois) camions de trois tonnes, en échange de véhicules similaires qui seront remis au «Corps expéditionnaire de la Force Publique». L'essence sera demandée à la Force Publique à l'aide de «Bons pour» (*sic*).
- **Planning des travaux**: équipements sanitaires prêts pour le 10 ou le 15 avril 1943; station radio et pier prêts pour la fin avril; débroussage des sites à carburants achevé pour fin mars; le site à explosifs doit être construit avant le *Slipway* et les surfaces de garage bétonnées qui doivent être prêtes pour le 20 mai.
- **Garde des installations**: la station radio et les dépôts de carburants et d'explosifs seront entourés de barbelés. Une garde indigène, contrôlée par la Force Publique de Banana, renforcera le détachement belge de Banana.
- **Défense anti-aérienne**: les Anglais ne prévoient pas d'armes à cet effet.
- **Défense terrestre**: tous les officiers et soldats anglais ont des fusils ou des pistolets. Ils seront sous les ordres des autorités militaires belges pour tout ce qui concerne la défense terrestre.

Outre le «Programme» qui vient d'être esquissé, il faut également mentionner — parmi les documents d'archives de l'*Air Coastal Command* nous communiqués — un «Rapport» des Services spéciaux du Quartier général britannique d'Accra (Ghana) relatif à «la Sécurité de la Base de la RAF à Banana». Daté de mai 1943, ce rapport est signé par le Lt-colonel Dixon.

Il est complété en date du 18 juin 1943 par un document annonçant l'envoi de 128 km de fil barbelé destiné à la base de Banana, tandis que 64 km de fil sont par ailleurs envoyés à Ango-Ango (Matadi) pour y protéger les installations

pétrolières de Petrocongo d'où proviennent les carburants nécessaires au fonctionnement de la base RAF de Banana.

Un dernier document, sous signature du commandant de la 2^e Brigade et Troupes de l'Ouest (M. Dronkers Martens), précise sous rubrique du 2^e Bureau de la Force Publique les nombreuses mesures de sécurité qui seront d'application à Banana à dater du 15 juillet 1943.

Ces deux derniers documents ne seront pas détaillés ici.

2.3. APPLICATION DU PROGRAMME

2.3.1. L'évolution du personnel (tab. 3)

Tableau 3

Evolution des effectifs de la base RAF avancée de Banana entre mars 1943 et septembre 1944

Date	Effectif	Observations
1943: Mars	4	Superviseurs des travaux réalisés par la Force Publique & la Colonie belge
Avril	4	Superviseurs des travaux réalisés par la Force Publique & la Colonie belge
Mai	4	Superviseurs des travaux réalisés par la Force Publique & la Colonie belge
Juin	4	Superviseurs des travaux réalisés par la Force Publique & la Colonie belge
Juillet	20	14 juillet: 1 ^{er} détachement de 16 membres arrivé par «M/V Thysville»
Août	82	16 août: 2 ^e détachement de 48 membres arrivé par «M/V Dumana» [7]
Septembre	90	-----
Octobre	98	-----
Novembre	?	Non communiqué
Décembre	81	-----
1944: Janvier	78	-----
Février	?	Non communiqué
Mars	?	Non communiqué
Avril	100	20 avril: formation à Banana du n° 217 — <i>Air Sea Rescue Unit</i>
Mai	100	-----
Juin	90	-----
Juillet	95	-----
Août	?	Non communiqué
Septembre	?	Non communiqué. Fermeture de la base avancée RAF de Banana
Commentaires:	a.	Comme prévu avec les autorités belges, la construction de la base RAF dépendait majoritairement des services de la Colonie belge, plus particulièrement de la Force Publique. Ceci explique le faible effectif britannique constaté entre mars et juillet 1943, limité à quatre personnes.
	b.	Les variations du personnel britannique entre juillet 1943 et septembre 1944 s'expliquent par les mouvements temporaires du personnel volant issu de la base principale d'Apapa et également par des mutations du personnel terrestre.

2.3.2. La réalisation des travaux

Les travaux prévus au «programme» furent menés avec célérité et énergie, rendant la base opérationnelle dès le 31 juillet 1943. La motivation tant des Belges que des Britanniques est évidente, lorsqu'on parcourt le détail de l'*Operations Record Book*. Les travaux se poursuivront tout au long de l'existence de la base.

Parallèlement aux travaux à Banana sont établies des «antennes»:

- A Boma (entretien de matériel aux «Voies Navigables», surtout à partir du 20 avril 1944 lorsqu'est constituée à Banana la *No. 217 Air Sea Rescue Unit* équipée d'une vedette rapide (n° 2 644) de type Miami (soixante-trois pieds de long) et d'une pinasse (soixante pieds de long) qui sera utilisée chaque semaine pour un aller-retour à Boma afin d'y chercher des vivres, pièces de rechange, ...);
- A Muanda, où la piste (en terre) de l'aérodrome sous contrôle de la Force Publique est utilisable par les Britanniques, les «Français libres» du Congo-Brazzaville, la Force Publique;
- De nombreuses liaisons aériennes et terrestres s'effectuent avec Léopoldville.

2.4. LES OPERATIONS

2.4.1. Le matériel utilisé

2.4.1.1. Hydravions d'opérations du 270 Squadron (figs 4, 5; tab. 4)

Tableau 4
Caractéristiques des hydravions d'opérations du 270 Squadron

	Consolidated PBY-CATALINA	Short SUNDERLAND MK.III
HISTOIRE: Origine	Etats-Unis	Grande-Bretagne
1 ^{er} vol	mars 1935	Octobre 1937
Exemplaires construits	+ de 4 000 (av. Canada & URSS)	+ de 700 (dont 456 MK.III)
MOTORISATION	2 Pratt & Whitney R-1830-92	4 Bristol Pegasus 1 010 CV
Réservoir carburant	---	11 600 l essence
DIMENSIONS: Longueur	19,47 m	26 m
Envergure	31,70 m	35 m
Hauteur	6,50 m	10,52 m
MASSES: Décollage	15,40 t	29,5 t
VITESSES: Maximum	290 km/h	343 km/h
Croisière	190 km/h	225 km/h
PLAFOND	4 480 m	5 455 m
AUTONOMIE	20 h	14,30 h
RAYON D'ACTION	4 100 km	4 330 km
EQUIPAGE	9 ou 10	9 ou 10
ARMEMENT	3 MI. 12,7 mm (.50) Bombes, grenades sous-marines, torpilles	2 MI. 12,7 mm (.50) 10 MI. 7.7 mm Dénommés <i>Fliegende Stachel-</i> <i>schwein</i> (porc-épic volant) par les Allemands Bombes, grenades sous-marines



Fig. 4. — Catalina (© Air Force Public Affairs of Canada).



Fig. 5. — Sunderland (© Air Force Public Affairs of Canada).

2.4.1.2. Avions de liaison et de transport

De nombreux types d'avions de ces catégories utilisèrent l'aérodrome terrestre de Muanda, sous contrôle de la Force Publique. La piste de cet aérodrome, quoique renforcée par un lit de bambous et de latérite, s'avéra toujours très mauvaise, au point qu'à diverses reprises des avions (DC 3, Anson, ...) y furent immobilisés durant plusieurs jours, ceci au vif mécontentement des Anglais [8].

A titre documentaire sont citées ici les marques d'origine des avions utilisés: Fairchild, Gipsy Moth, Lysander, Caudron, Tiger Moth, Avro Anson, Douglas DC 3, Hudson.

2.4.2. Activités opérationnelles

2.4.2.1. Du 19 mars au 30 juillet 1943

Cette période couvre la phase de préparation de la base RAF de Banana et ne comporte que peu de mouvements aériens:

- 2 Catalina en mars (dont la mission déjà évoquée pour l'établissement du programme à réaliser);
- 1 Sunderland en transit, en avril;
- 4 Catalina, en mai, apporteurs de matériel, ainsi qu'un Sunderland en transit;
- Rien en juin, mais 1 Catalina en permanence à Banana du 6 au 22 juillet pour les liaisons avec Léopoldville.

2.4.2.2. Du 31 juillet au 31 décembre 1943

Cette période couvre les «opérations de guerre» entreprises et mérite de ce fait une analyse plus intensive.

Sauf mention contraire, les hydravions utilisés sont des Catalina volant en moyenne sans interruption pendant une dizaine d'heures, le plus long vol observé dans les documents étant de 16 h 30.

- Août 1943: 2 vols de recherche anti-sous-marins sur route estimée (*Sweep*):
 - M/V *Collegian*: non vu (axe Apapa-Banana)
 - Force militaire (pouvant grouper plusieurs unités): vue (vers Apapa)
- 9 vols d'escorte anti-sous-marins:
 - M/V *Meerkerk* (vu)
 - M/V *Erling Brovig* (vu)
 - Forces militaires
- 1 vol de protection (*Screen*): force militaire à l'embouchure du fleuve Congo
- 1 vol transit (Lagos-Léopoldville).
- Septembre 1943: 1 vol de recherche anti-sous-marins (axe Libreville-Banana)
- 2 vols d'escorte anti-sous-marins:
 - M/V *Tamerlane* (vu)
 - Force militaire (non vue) (axe Banana-Lagos)
- 1 vol transit (par Sunderland): Lagos-Banana-Léopoldville
- Octobre 1943: 5 vols de recherche anti-sous-marins:
 - M/V *Troilus* (sur route estimée)
- 6 vols d'escorte anti-sous-marins:
 - M/V *British Fortitude* (vu)
 - M/V *Calabar*
 - Forces militaires
- 1 vol d'entraînement (Banana-Léopoldville-Banana)
- 1 vol de reconnaissance (Banana-Lagos)

- Novembre 1943: 16 vols de recherche anti-sous-marins [9] (la plupart entre Libreville et Banana):
M/V *Thysville*
M/V *Grigua*
5 vols d'escorte anti-sous-marins:
M/V *Dordrecht* (vu)
M/V *British Merchant*
M/V *Titania*
M/V *Otavi*
1 vol transit (par Sunderland)
1 vol de reconnaissance (Libreville – Pointe-Noire – Banana)
1 Air Test
2 vols de transport (Banana – Pointe-Noire – Banana)
- Décembre 1943: 2 vols de recherche anti-sous-marins:
M/V *Thysville* + 2 escorteurs
M/V *Sansu*
1 vol transit

Pendant la période concernée, l'aérodrome de Muanda commence à connaître des mouvements aériens britanniques s'ajoutant aux mouvements d'avions légers de la Force Publique.

Le 6 novembre 1943, un Fairchild venu de Pointe-Noire est bloqué par le mauvais temps. Le même jour, un bimoteur Anson venu de Pointe-Noire ne peut redécoller vu l'état de la piste. Il repartira par après, sans passagers, vu les dangers au décollage.

Le 8 novembre, un DC 3 (Dakota) se verra bloqué pendant plus d'une semaine pour les mêmes raisons.

Le 22 novembre, un autre vol d'Anson venu de Pointe-Noire connaît les mêmes problèmes que son prédécesseur.

Le 25 novembre, feu notre confrère Jean Meulenbergh vient dépanner les Anglais avec un Gipsy Moth, depuis Boma, effectuant deux aller-retour Muanda – Pointe-Noire, avant de regagner Boma.

Le 2 décembre, un Fairchild de Pointe-Noire visite Muanda et regagne le Congo-Brazzaville le même jour.

2.4.2.3. Du 1^{er} janvier au 27 septembre 1944

Les «Opérations de Guerre» disparaissent totalement à dater du 1^{er} janvier 1944. Ceci pourrait s'expliquer du fait que les Anglais, ayant percé les secrets des codes Enigma de la *Kriegsmarine*, étaient au courant du plan de bataille allemand, lequel ne prévoyait pas d'intervention de sous-marins dans la zone considérée.

En date du 8 janvier 1944, une lettre des autorités britanniques de Léopoldville adressée au 2^e Bureau de la Force Publique reconnaît implicitement cette hypothèse: «The British Authorities suggest that this is a suitable time to carry out this overhaul, as with the submarine warfare moving temporarily further north, there

are few flying boats visiting Banana just now, and the R.A.F. technicians there are not fully occupied».

Cette lettre, très élogieuse pour le travail réalisé par Jean Meulenbergh, pilote de l'avion de la Force Publique prêté aux Anglais, offrait un entretien complet dudit appareil, entretien qui sera réalisé à la base RAF de Banana.

Les mouvements d'hydravions seront des plus réduits au cours des neuf mois concernés: du 27 au 28 mars, un Sunderland arrivé de Libreville effectue une reconnaissance de la côte (avec un aller-retour Pointe-Noire) avant de regagner Lagos.

En avril et mai transitent, en trois vols distincts, des Catalina venus de Lagos à destination de Léopoldville.

En mai et juin 1944 s'observent les trois derniers vols d'hydravions à Banana: des Sunderland effectuant des missions de transport, venus de Pointe-Noire avant de regagner Lagos. Le dernier vol — le 28 juin — passera par Coquilhatville (l'actuelle Mbandaka) avant de regagner Lagos.

L'activité aérienne principale se concentrera sur l'aérodrome de Muanda. Hormis un DC 3 en janvier et un Hudson en septembre, à la veille de la fermeture de la base, seuls des avions légers (Lysander, Gipsy Moth, Fairchild, Tiger Moth, Caudron) — souvent pilotés par Jean Meulenbergh — assureront des vols de transport «petits porteurs» (courrier, rechanges, personnel, ...).

2.5. LA VIE A BANANA

2.5.1. La vie quotidienne

Pendant plus d'un an (août 1943 à septembre 1944), un effectif variant entre quatre-vingts et cent militaires britanniques auquel s'ajoutaient le personnel belge et congolais de la Colonie et les clients de l'hôtel de Banana [10] cohabitèrent sur l'étroite langue de terre de Banana.

Une telle promiscuité dut entraîner bien des problèmes, lesquels se lisent parfois entre les lignes des très officiels rapports des archives britanniques et des rares témoignages privés publiés [11].

Le moral était plutôt bas, souvent déterminé par les hypothétiques distributions du courrier privé et l'absence de loisirs organisés, lesquels n'apparaîtront que tout à la fin 1943.

Pour améliorer l'«ordinaire» de la troupe, des contacts sont pris avec les maisons anglaises de Léopoldville et de Matadi (Sedec, Lever, ...).

A dater d'octobre 1943, l'utilisation de la pinasse de l'*Air Sea Rescue Unit* facilitera les contacts avec Boma où ce bateau à fond plat se rend chaque fin de semaine et où des arrangements permanents sont pris avec la direction du renommé hôtel Excelsior, notamment pour l'organisation de séances de cinéma réservées aux seuls militaires anglais présents à Boma.

Peu à peu les hommes s'organisent.

Il faudra cependant attendre le 1^{er} avril 1944 pour assister à un match officiel de football à Banana, les Anglais perdant 2 à 4 contre une sélection locale devant

des supporters belges et indigènes enthousiastes. Un autre match (0-0) oppose la base RAF de Pointe-Noire à celle de Banana dont l'équipe s'est transportée au Congo-Brazzaville sur le bateau de sauvetage RAF de Banana. Le 22 mai, match très attendu contre une équipe locale à Matadi — mais le match ne peut avoir lieu, le bateau transportant l'équipe étant tombé en panne. Un dernier match est signalé à Boma, en juillet 1944, contre une équipe belgo-portugaise. Score: 3 à 1 en faveur des Anglais.

Des services religieux ont lieu périodiquement: protestants dans les installations de la base, catholiques dans l'église de fer de Banana.

Un concert — réalisé par les hommes de la base — remporte un vif succès le jour de Noël 1943. Il sera suivi de trois autres très appréciés par tous, y inclus les Belges de la région qui y sont chaleureusement invités.

Une troupe d'artistes du «Théâtre aux Armées» (Ensa) se produit à Banana le 27 mai 1944 et connaît un véritable triomphe.

Des causeries éducatives, notamment sur les «*venereal diseases*», sont données par des officiers à la troupe.

Les fêtes militaires, avec parades et cérémonial, sont mentionnées dans l'*Operations Record Book* de la base RAF de Banana:

- 15 septembre 43: Anniversaire de la Bataille d'Angleterre — Parade.
- 18 septembre 43: Anniversaire de la Bataille de Tabora (18 septembre 1916) — Parade et défilé des troupes indigènes de la Force Publique. Le commandant anglais et un officier adjoint y assistent, ainsi qu'à la réception subséquente.
- 11 novembre 43: Anniversaire de l'Armistice de 1918 — Parade. Service religieux par le Rév. Jones, aumônier protestant de la Force Publique à Boma. Vente de *Poppies* (en papier), pour 915 francs congolais, pour le compte de la *British Women War Association* de Léopoldville.
- 15 novembre 43: Anniversaire de Léopold III, Roi des Belges. Le commandant anglais et deux autres officiers assistent au service religieux célébré dans l'église de Banana et à la réception organisée à l'hôtel de Banana.
- 06 juin 44: Toast par les Anglais de Banana au Roi d'Angleterre et à sa famille, à l'occasion du «Débarquement» en Europe. Un second toast est porté en l'honneur de toutes les forces combattantes alliées. Le discours du Roi d'Angleterre, capté par radio, est écouté par tous.
- 04 septembre 44: Libération de Bruxelles. Des salves d'artillerie sont tirées par la Force Publique à Banana, tandis que les drapeaux alliés flottent partout, y inclus les drapeaux belge et britannique sur la vedette de sauvetage de la RAF. Jour férié.

Une notice du 24 décembre 1943 signale l'arrivée à Banana, pour vacances, du gouverneur général Pierre Ryckmans, de son épouse et de sa famille. Sauf

erreur, il ne semble pas que ce séjour à Banana de Pierre Ryckmans et de ses proches ait été signalé par ses biographes.

Pour conclure cet exposé sur la vie quotidienne à la base RAF de Banana, il faut rappeler que les «permissions» et «congés» étaient déterminés par la rareté des moyens de transport.

2.5.2. Incidents survenus à la base RAF de Banana

2.5.2.1. Mort du soldat Dixon

Le 29 septembre 1943, le soldat Dixon, en service, tombe de la jetée de Banana; il est emporté par le courant du fleuve et ne reparaît pas. Son corps sera retrouvé le 2 octobre à minuit quart et inhumé le même jour à 14 h 30 au cimetière (européen) de Banana, lors de funérailles officielles en présence des militaires britanniques, des autorités civiles et militaires belges, des troupes indigènes et des clairons de la Force Publique (fig. 6).

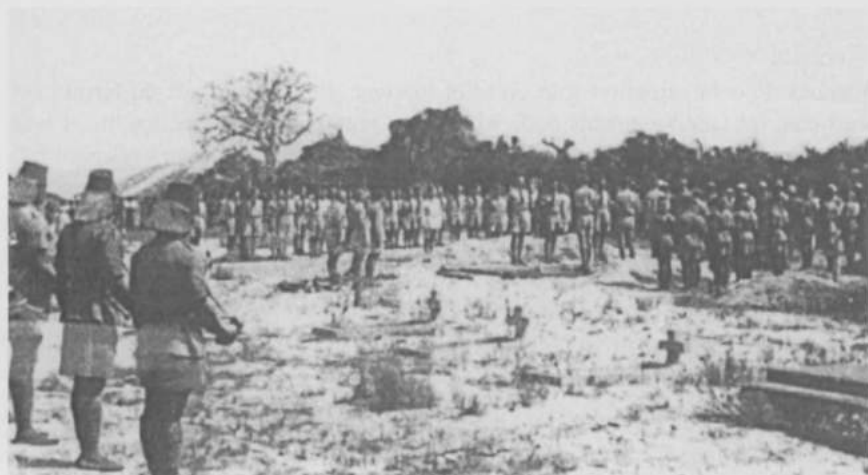


Fig. 6. — Funérailles du soldat Dixon (© RAF, Air Ministry & Ministry of Defence).

Un élan de sympathie tant belge que britannique, en faveur de l'épouse du défunt, ne se démentira pas jusqu'à la fermeture de la base: services religieux, collectes d'argent pour la veuve Dixon, cotisations pour l'édification d'une tombe correcte, offre de plaques gravées en bronze par des ressortissants britanniques de Léopoldville, en témoignent (fig. 7).

2.5.2.2. Inondations de la presqu'île de Banana

Durant la saison des pluies, et plus particulièrement en janvier, avril et mai 1944, la base RAF de Banana est submergée de toutes parts: hautes marées, tempêtes, orages, pluies diluviennes mettent le personnel à dure épreuve. Les consé-



Fig. 7. — Tombe du soldat Dixon (© RAF, Air Ministry & Ministry of Defence).

quences de cette situation sont en effet lourdes: une grande part du terrain est sous eau; les cantonnements de la troupe, les huttes des officiers, les lits et leur paquetage, des biens privés des militaires, sont sévèrement endommagés par l'envahissement des eaux. Seule la saison sèche — à partir de fin mai — réglera le problème.

2.5.2.3. Cas d'indiscipline

Alors qu'en phase initiale la discipline des militaires ne semblait poser aucun problème, trois cas, justifiant la tenue d'un tribunal militaire, surviennent en mai et juin 1944:

- Le premier cas est celui d'un soldat qui, en service et sans permission, est parti en pinasse à Boma. A son retour, il refuse la punition lui indiquée et demande de passer en cour martiale. Il est mis au cachot.
- Les deux autres cas concernent deux militaires (dont un caporal) qui ont quitté le camp de Banana sans autorisation. Le 26 juillet 1944, un cachot sera aménagé au corps de garde de la base.

2.5.2.4. Cambriolage, avec effraction, du magasin d'équipement

Durant la nuit du 1^{er} au 2 juillet 1944, des voleurs pénètrent dans le magasin d'équipement et y dérobent une grande quantité de chaussures et de vêtements. Une enquête est aussitôt ouverte par le lieutenant Cahen (officier de liaison de la Force Publique) et M. Van Halle (administrateur territorial).

Ceux-ci ne découvrent rien au village indigène proche. D'autres villages et des pirogues sont fouillés en vain. Trois cas de vols mineurs de biens de la RAF sont cependant mis au jour, et les voleurs sont punis «de la main» des autorités belges.

2.5.3. Relations anglo-belges

A l'examen des documents de la RAF, les relations entre militaires britanniques et les militaires et civils belges peuvent être qualifiées d'excellentes. Il faut rappeler l'énorme effort entrepris par la Force Publique et les services de la Colonie belge pour rendre la base opérationnelle en quatre mois.

Les relations, tant avec l'administration civile et militaire de la région côtière qu'avec l'administration de Boma, de Matadi et de Léopoldville, ne semblent avoir fait l'objet d'aucune tension. Que du contraire! Tous les moyens nécessaires semblent avoir été mis en commun. Les autorités belges s'efforcent de faciliter la vie des Anglais, telle cette décision du gouverneur général, en date du 22 juin 1943, d'accorder le transport personnel gratuit dans tout le Bas-Congo et sur le rail Matadi-Léopoldville à tout militaire anglais en service ou se déplaçant pour raisons médicales.

Le 27 septembre 1944 verra la fin de la base avancée de la *Royal Air Force* à Banana. Cette date marque l'époque du retour à Bruxelles du gouvernement belge de Londres, et aussi la fin de la guerre sous-marine au large des côtes occidentales de l'Afrique, notamment de l'Afrique centrale.

La remise-reprise, entre Anglais et Belges, de la base RAF de Banana s'effectuera dans la plus parfaite correction. Les soldats et le matériel de la RAF gagneront la base avancée de la *Royal Air Force* de Pointe-Noire par bateau et par route au travers de l'enclave neutre de Cabinda (où un discret accord avec les autorités portugaises semble avoir été passé à cette fin).

3. Conclusion

Le dossier parle de lui-même.

Il était utile de rappeler à tous ceux qu'intéresse l'histoire de l'Afrique centrale et de la Seconde Guerre mondiale cet épisode peu connu de la collaboration militaire anglo-belge.

L'effort de guerre entrepris par la Colonie belge se trouve confirmé, même si l'effort intense des Africains y est occulté, bien qu'omniprésent.

L'on sera reconnaissant aux *National Archives* [12] britanniques d'avoir conservé les archives «de terrain» de tant d'hommes qui ont œuvré obscurément pour préserver les valeurs fondamentales de l'Humanité.

NOTES ET REFERENCES

- [1] S.W. Roskill, *The War at Sea (1939-1945)*. London, H.M.S.O., 1954 (3 vols).
- [2] S.W. Roskill, *op. cit.*
- [3] S.W. Roskill, *op. cit.*
- [4] G. Povey, «A Walrus among the crocodiles», in *Aeroplane* (London, July 2007), pp. 38-41.
- [5] J. Meulenbergh, *La mangrove zaïroise*. Bruxelles, Mémoire Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer, 1974, N.S., T. XVII (8), 86 pp.
- [6] E. Dartevelle, *La côte et l'estuaire du Congo*. Bruxelles, Mémoire Institut royal colonial belge, 1950, Sér. I.R.C.B., T. XIX (2), 60 pp.
- [7] Dans l'annexe I sera évoqué le destin tragique du ravitailleur HMS Dumana, ainsi que celui non moins tragique du commandant allemand Werner Henke qui torpilla le Dumana.
- [8] Ce n'est que dans l'après-guerre que l'aérodrome de Muanda sera doté d'une piste «en dur». Il faut signaler qu'en phase finale des travaux, le responsable belge du chantier, ayant en fin de journée été nager dans l'océan tout proche, y fut tué par un poisson-scie qui l'éventra.
- [9] En novembre 1943, à deux reprises, des grenades sous-marines (2 + 3×2) furent lancées sur des traces d'huile suspectes. Ce sont les seuls actes de guerre observés dans les archives de la base avancée RAF de Banana.
- [10] L'hôtel de Banana recevait en outre, chaque jour, aux repas les réfugiés européens gagnant le Congo par voie maritime. Ces réfugiés étaient logés sur un navire-hôpital ancré à Banana.
- [11] J. Thomson, *Anecdotal Account of my Service (Dec. 43 - Jul. 45) with No. 270 Squadron RAF Lagos*. London, Imperial War Museum Collections, 1989, 132 pp. + ill.
- [12] The National Archives (Kew, Richmond, Surrey, UK). 270 Squadron: AIR 29/32: RAF Air Ministry and Ministry of Defence: Operations Record Books. Miscellaneous Units: *Sector Operations Rooms*: Advanced Base, Banana 1943 March - 1944 Sept. (le mois d'août 1944 est manquant). AIR 29/450: Air Ministry and Ministry of Defence: Operations Record Books. Miscellaneous Units: *Air Sea Rescue Marine Craft Units*: n° 217, Banana 1944 April - 1944 Sept. AIR 27/1571: Air Ministry and Successors: Operations Record Books, n° 270 Squadron: Operations Record Book: 1942 Dec. - 1945 May (Extracts).

ANNEXE I

A. HMS Dumana (fig. 8)

Mis en service en mars 1923, et ce jusqu'en 1934 pour le transport de passagers entre Londres, Karachi et Bombay (*British India Steam Navigation Co. Ltd.*), ce navire de 8 427 tonnes sera ensuite utilisé aux Indes jusqu'à la déclaration de guerre en septembre 1939.

A cette époque, il sera réquisitionné par le Ministère de l'Air britannique et employé comme base flottante pour 500 militaires de la *Royal Air Force* œuvrant dans les ateliers d'entretien du matériel volant à Port-Saïd, ensuite à Alexandrie, Malte et Gibraltar.

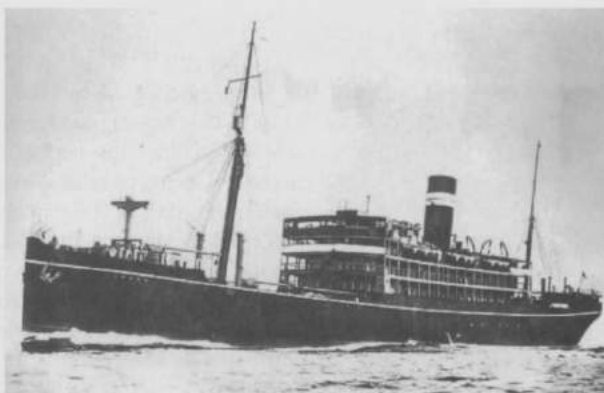


Fig. 8. — HMS Dumana (© *Library of Contemporary History, Stuttgart*).



Il évacuera en 1941 le personnel RAF de Crète. En 1942, il sera converti en bateau ravitailleur et basé à Bathurst (Banjul), capitale de la Gambie, au service de deux escadrilles d'hydravions Sunderland (les 270 et 490 Squadron).

En 1943, il fut prévu que le HMS Dumana servirait de base flottante de la RAF à Banana, projet rejeté vu la profondeur limitée de ce port.

Le 24 décembre 1943, à 20 h 30, le HMS Dumana, escorté par deux chalutiers armés, fut torpillé et coulé au large de Sassandra par le sous-marin U-515 commandé par Werner Henke. Les rapports évoquent la perte de 39 morts et le sauvetage de 130 personnes. Par contre, le monument érigé à Sassandra et visité par l'auteur en 1990 ne comporte que 22 noms (fig. 9). Il est à craindre que ce monument n'ait pas repris les noms des victimes indigènes vraisemblablement en service à bord du navire torpillé.

Fig. 9. — Monument funéraire de Sassandra (© P. Raymaekers, Notes de voyages, 1990).

Il faut noter également qu'erronément le monument de Sassandra cite la date du 25 décembre 1943 (et non celle du 24 décembre) comme date du torpillage.

B. Werner Henke (fig. 10)



Fig. 10. — Werner Henke
(© U-Boot Archiv).

Werner Henke, né en 1909, prit le commandement de l'U-515 (sous-marin du type IXC) en février 1942. Il se révéla l'un des plus performants sous-marinières de la Seconde Guerre mondiale, avec un score de 23 navires coulés (plus de 150 000 tonnes) et de 4 endommagés.

Le HMS Dumana fut le dernier navire qu'il coula avant d'être arraisonné le 9 avril 1944 par des navires de l'US Navy, son sous-marin ayant été neutralisé suite à une attaque d'avions du porte-avions USS Guadalcanal au nord-ouest de Madère.

Six officiers et 37 membres de l'équipage furent faits prisonniers, 15 ayant perdu la vie.

Werner Henke fut envoyé dans un camp de prisonniers aux Etats-Unis (à Fort Hunt) et soumis à de nombreux interrogatoires, notamment sur le torpillage — le 7 décembre 1942 au soir — du M/V anglais *Ceramic* (18 713 tonnes) dont les 655 passagers (parmi lesquels 80 femmes et 12 enfants) furent tous noyés; seul un

matelot fut sauvé par le sous-marin de Henke revenu le lendemain sur les lieux du torpillage.

Les radios alliées accusèrent, erronément, Henke d'avoir ouvert le feu sur des naufragés et le déclarèrent criminel de guerre. Pour sauvegarder son équipage et préserver son honneur, Henke décida de se suicider en escaladant, en plein jour et au vu de tous, une clôture du camp américain où il était interné.

Après les sommations d'usage, il fut abattu par une sentinelle. C'était le 15 juin 1944.

'Lascaux along the Nile': The Palaeolithic Rock Art of Qurta (Upper Egypt)*

by

Dirk HUYGE**

KEYWORDS. — Egypt; Kom Ombo; Petroglyphs; Rock Art; Late Pleistocene; Late Palaeolithic; Aurochs.

SUMMARY. — In 2007, a Belgian archaeological expedition, financed by Yale University, started a rock art research project at the Qurta sites, on the east bank of the Nile, along the northern edge of the Kom Ombo Plain, about 40 km south of Edfu and 15 km north of Kom Ombo. The rock art sites at Qurta, which are essentially characterized by naturalistically drawn animal figures (predominantly wild cattle or aurochs), had been discovered in 1962-1963 by a Canadian archaeological mission, but had never been properly valued. They were relocated by the Belgian mission in 2005. On the basis of a large number of arguments relative to the rock art itself and to its general geographical and archaeological context, it is beyond doubt that these drawings are extremely ancient and can most probably be attributed to the Late Palaeolithic Ballanan-Silsilian culture, dated to about 16,000 to 15,000 years ago (BP). As such, Qurta constitutes the oldest graphic activity recorded in Egypt until now. It moreover provides clear evidence that Africa in general, and Egypt in particular, possesses prehistoric art that is both chronologically and aesthetically closely comparable to the great Palaeolithic art traditions known for a long time on the European continent.

TREFWOORDEN. — Egypte; Kom Ombo; Petrogliefen; Rotskunst; Laat-Pleistoceen; Laat-Paleolithicum; Oeros.

SAMENVATTING. — 'Lascaux langs de Nijl': de paleolithische rotskunst van Qurta (Boven-Egypte). — In 2007 is een Belgische archeologische expeditie, gefinancierd door Yale University, gestart met een onderzoeksproject naar de rotskunst van Qurta. Deze rotskunst bevindt zich op de oostelijke oever van de Nijl, langs de noordelijke rand van de Kom Ombo vlakte, ongeveer 40 km ten zuiden van Edfu en 15 km ten noorden van Kom Ombo. De rotskunstsites van Qurta, die vooral gekarakteriseerd worden door naturalistische afbeeldingen van wilde fauna (in het bijzonder de oeros), werden in 1962-1963 ontdekt door een Canadese archeologische expeditie, maar nooit op hun juiste waarde geschat. Ze werden in 2005 door de Belgische missie teruggevonden. Op grond van een groot aantal argumenten die betrekking hebben op de rotskunst zelf en haar algemene

* Paper presented at the meeting of the Section of Moral and Political Sciences held on 22 January, 2008. Text received on 29 April, 2008.

** Member of the Academy. Curator Egyptian Collection, Royal Museums of Art and History (RMAH), Jubelpark 10, B-1000 Brussels (Belgium).

landschappelijke en archeologische context, staat zo goed als vast dat deze rotstekeningen bijzonder oud zijn en kunnen worden toegeschreven aan de zogenaamde Ballanaan-Silsiliaancultuur, die gedateerd wordt tussen 16 000 en 15 000 jaar geleden (BP). Daarmee is de rotskunst van Qurta de tot nu toe oudste geregistreerde grafische activiteit in Egypte. Ze verschaft bovendien duidelijk het bewijs dat in Afrika in het algemeen, en in Egypte in het bijzonder, prehistorische kunst aanwezig is die zowel op chronologisch als op esthetisch vlak sterke gelijkenissen vertoont met de grote paleolithische kunsttradities die al geruime tijd bekend zijn op het Europese continent.

MOTS-CLES. — Egypte; Kom Ombo; Pétroglyphes; Art rupestre; Pléistocène tardif; Paléolithique tardif; Aurochs.

RESUME. — '*Lascaux le long du Nil*': *l'art rupestre paléolithique de Qurta (Haute Egypte)*. — En 2007, une mission archéologique belge, financée par l'Université de Yale, a entamé un projet de recherche sur les sites d'art rupestre de Qurta, sur la rive est du Nil, à l'angle nord de la plaine de Kom Ombo, à 40 km au sud d'Edfou et à 15 km au nord de Kom Ombo. Les sites d'art rupestre de Qurta, qui sont principalement caractérisés par des représentations naturalistes de faune sauvage (en particulier l'aurochs), ont été découverts en 1962-1963 par une expédition archéologique canadienne, mais n'ont jamais été estimés à leur juste valeur. Ils ont été retrouvés par la mission belge en 2005. Sur base d'un grand nombre d'arguments relatifs à l'art rupestre lui-même et à son contexte géographique et archéologique, il est quasiment certain que cet art rupestre est exceptionnellement vieux et peut être attribué à la culture du Ballanien-Silsilien, datant d'il y a environ 16 000 à 15 000 ans (BP). Il s'agit donc de l'activité graphique la plus ancienne enregistrée en Egypte jusqu'à présent. Il est évident désormais que l'Afrique en général, et l'Egypte en particulier, possède un art préhistorique fortement comparable aux grandes traditions artistiques du Paléolithique connues depuis longtemps sur le continent européen, et cela tant du point de vue chronologique qu'esthétique.

1. Introduction

Rock art surveying by a Belgian archaeological mission in March-April 2004 in the el-Hosh area on the west bank of the Nile, about 30 km south of Edfu in Upper Egypt, led to the discovery of an hitherto unknown petroglyph locality at the southernmost tip of a Nubian sandstone hill called Abu Tanqura Bahari, about 4 km south of the modern village of el-Hosh (fig. 1). This locality, designated ATB11, contains, among other things, several images of bovids executed in a vigorous naturalistic, 'Franco-Cantabrian, Lascaux-like' style, which are quite different from the stylized cattle representations in the 'classical' Predynastic iconography of the fourth millennium BC. On the basis of patination and weathering, these bovid representations are definitely extremely old. They most probably predate the fish-trap representations and associated scenery previously documented at several locations in the el-Hosh area and AMS ¹⁴C dated to >7000 BP (HUYGE *et al.* 2001, HUYGE 2005). As these el-Hosh bovid images are similar to cattle representations that had been discovered in 1962-1963 by a Canadian

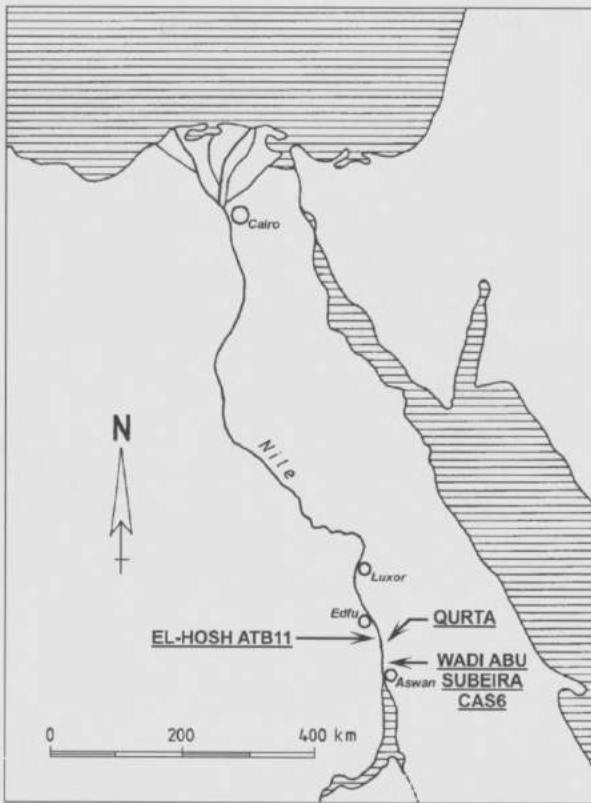


Fig. 1. — Map of the Egyptian Nile Valley, showing the location of el-Hosh ATB11, Qurta and Wadi Abu Subeira CAS6.

archaeological mission (the Canadian Prehistoric Expedition) on the east bank of the Nile, in the Gebel Silsila area, the Belgian mission attempted to rediscover the latter images. The attempt was successful and the sites were located in October-November 2005 near the modern village of Qurta, along the northern edge of the Kom Ombo Plain, about 40 km south of Edfu and 15 km north of Kom Ombo (fig. 1). As far as we know, these sites, which are still in pristine condition, have not been revisited by archaeologists since the time of their discovery in 1962-1963.

2. Nature of the Qurta Rock Art

Intensive surveying of the Nubian sandstone cliffs immediately east of the village of Qurta in February-March 2007 led to the discovery of three rock art sites, designated Qurta I, II and III (figs 2, 3). At each of these sites several rock art

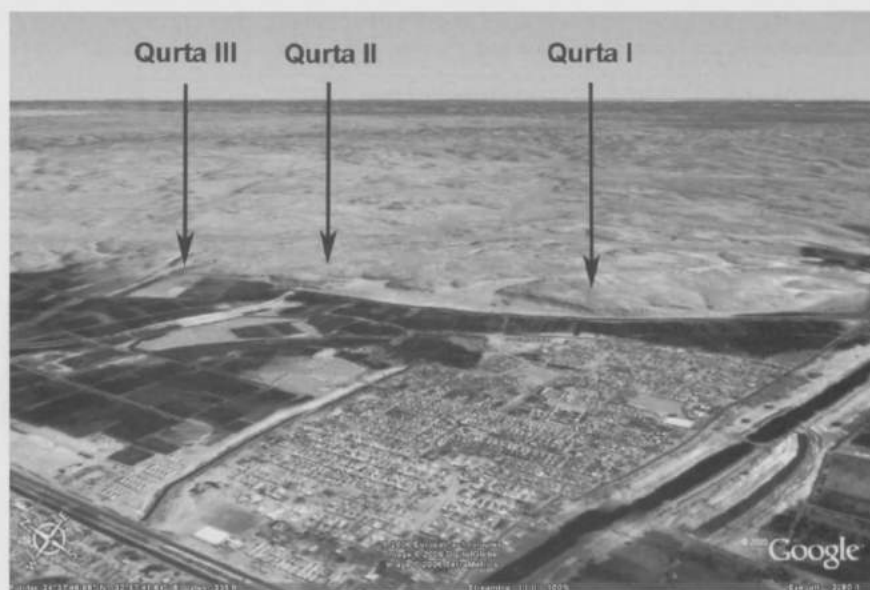


Fig. 2. — Satellite image with localization of Qurta I, II and III. The modern village of Qurta is in the foreground. The distance between QI and QIII is about 1.5 km (modified after Google Earth 2005).

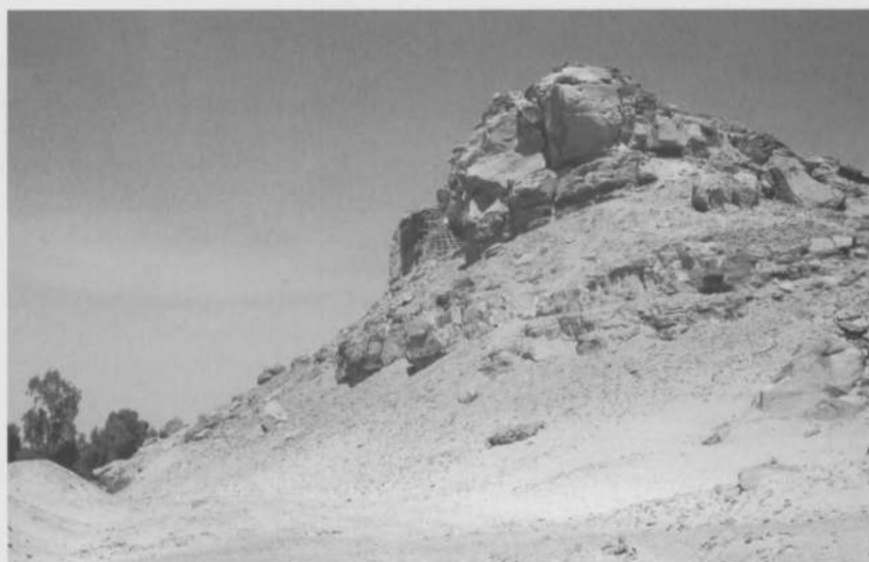


Fig. 3. — General view of Qurta I. Scaffolding indicates location of locality 1, panel 1 (QI.1.1).

locations, panels and individual figures were identified (table 1). In total there are at least 179 individual images. The rock art of Qurta mainly consists of naturalistically drawn animal figures. As can be inferred from table 2, bovids (cattle) are largely predominant (76 % of the total assemblage), followed by birds, hippopotami, gazelle, fish and hartebeest. In addition, there are also several highly stylized representations of human figures (mostly shown with protruding buttocks, but no other bodily features) and a small number of probable non-figurative or abstract signs. All these rock art images are very darkly coloured. They bear a substantially developed patination and/or rock varnish that completely merges with the surrounding rock surface. This, in itself, is already an indication of considerable antiquity. Most of the images also show traces of intensive weathering through aeolian abrasion and/or water run-off. In this respect, the rock art at Qurta is highly homogeneous. In spite of the fact that there are numerous superimpositions of images, it seems to represent one relatively brief manufacturing phase.

None of the animals present shows any evidence for domestication. There is little doubt that the bovids represented (figs 4-7, 9) should be identified as *Bos*

Table 1

Number of locations, panels and individual figures at the Qurta rock art sites

Site	Locations	Panels	Figures	% Figures
Qurta I (QI)	6	12	111	62.0
Qurta II (QII)	7	15	54	30.2
Qurta III (QIII)	2	3	14	7.8
Total	15	30	179	100.0

Table 2

General composition of the Qurta rock art assemblages.

The counts include 'definite', 'probable' and 'possible/uncertain' identifications.

The total number of 'definite' identifications is indicated between brackets

Subject	QI	QII	QIII	Total	%
Bovid (cattle)	93	36	7	136 (117)	76.0
Hippopotamus	2	3	-	5 (3)	2.8
Hartebeest	-	1	-	1 (0)	0.6
Gazelle	3	-	-	3 (2)	1.7
Indeterminate mamal	6	2	1	9 (9)	5.0
Bird	2	5	4	11 (6)	6.1
Fish	1	-	1	2 (2)	1.1
Human figure	2	7	-	9 (7)	5.0
Sign	2	-	1	3 (2)	1.7
Total	111	54	14	179 (148)	100.0

primigenius or aurochs (wild cattle). In general, they seem to be rather short-horned, but there is archaeozoological evidence available (moreover from Late Pleistocene faunal materials collected in the Kom Ombo Plain) that the Egyptian form of *Bos primigenius* bore smaller horns than the European but was otherwise of about the same size (CHURCHER 1972, p. 81; LINSEELE 2004).

In a general way, the rock art of Qurta bears the following main characteristics:

- As far as the spatial organization of the art is concerned, there are no evident scenes (compositions displaying a narrative content). Compositions are limited to the juxtaposition of a few images (like two opposed bovids and a bird frieze composed of three drawings at Qurta II). Figures seem rather to be conceived as individual images. In contrast to the rock art of the Predynastic period (fourth millennium BC), there are no imaginary ground lines present. Images can be drawn in all possible directions (and frequently the head is represented upward or downward) (fig. 9).
- Quite often the animals are shown in dynamic poses, their backs curved and their legs bent as if in motion. In some cases the raised position of the tail seems indicative of running (see figs 4, 7). Some bovids may be rendered rolling in dust or mud or may even be shown dead (which, in some cases, may explain the unnaturally bent legs). In this respect the Qurta animal figures are also different from Predynastic images, which are mostly extremely stiff and static.
- Among the bovids, various types of horns can be distinguished. Also, these animals can be drawn in different ways (for instance, with the horns either in true or twisted perspective and with or without hooves). Several substyles and qualities of workmanship can be distinguished, probably suggesting different 'traditions' and/or 'hands'. A notable difference between the bovids at Qurta I and II, for instance, is the frequent presence of a double belly line at the latter site (see fig. 6).
- From a technical point of view, both hammering and incision have been practised to create the images. In a considerable number of cases, both techniques have been combined to create or complete a drawing. Some of the figures are almost executed in bas-relief.
- The dimensions of the drawings are exceptional. Quite often the bovids are larger than 0.80 m. The largest example even measures over 1.80 m. In this respect the Qurta rock art is quite unlike the rock art of the Predynastic period, in which animal figures are only exceptionally over 0.40-0.50 m.
- In some cases natural features, such as the relief of the rock surface and/or fissures in the surface, have been integrated into images. One typical example of this is a large bovid at Qurta II, where a (only slightly modified) natural vertical crack in the rock surface has been used to render/suggest the back part of the animal.

- Naturalistic images of animals are combined in this rock art with highly schematized human figures (fig. 8) (which are moreover quite closely comparable to stylized human figures as known from the Magdalenian cultural phase of Palaeolithic Europe; see below).
- Quite often the drawings are clearly deliberately left incomplete. Elaborately engraved bovids, for instance, lack front legs or are otherwise unfinished. In a number of cases animals (both bovids and hippopotami) show numerous scratches over the head and neck, which, evidently, must have some kind of symbolical meaning (fig. 10).

3. Age of the Qurta Rock Art

In 1962-1963, the above-mentioned Canadian Prehistoric Expedition working in the area (the purpose of which was to salvage as much as possible of the prehistoric archaeological remains in the areas around Kom Ombo, which were being prepared at that time for cultivation for the Nubians displaced as a result of the construction of the High Dam at Aswan) discovered and excavated several Late Palaeolithic settlements in the vicinity of the rock art sites. The most important of these is GS-III, situated at a distance of only 150 to 200 m from the Qurta I rock art site (fig. 11). At this Palaeolithic site fragments of sandstone were found on which linear grooves had been incised; in one case they formed several deep parallel grooves (SMITH 1985). This at least proves that the Late



Fig. 4. — Qurta I, locality 1, panel 1 (QI.1.1). Total length of panel is about 4.00 m (tracing: E. Figari, A. Lebrun-Nélis and I. Therasse; digital processing: W. Claes).

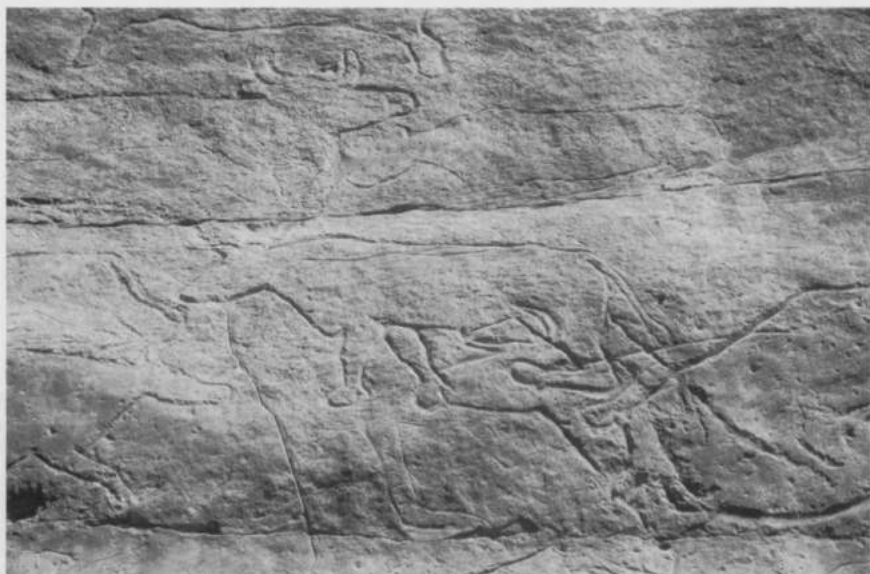


Fig. 5. — Detail of QI.1.1 showing bovids and stylized human figure with outstretched arms (below centre).

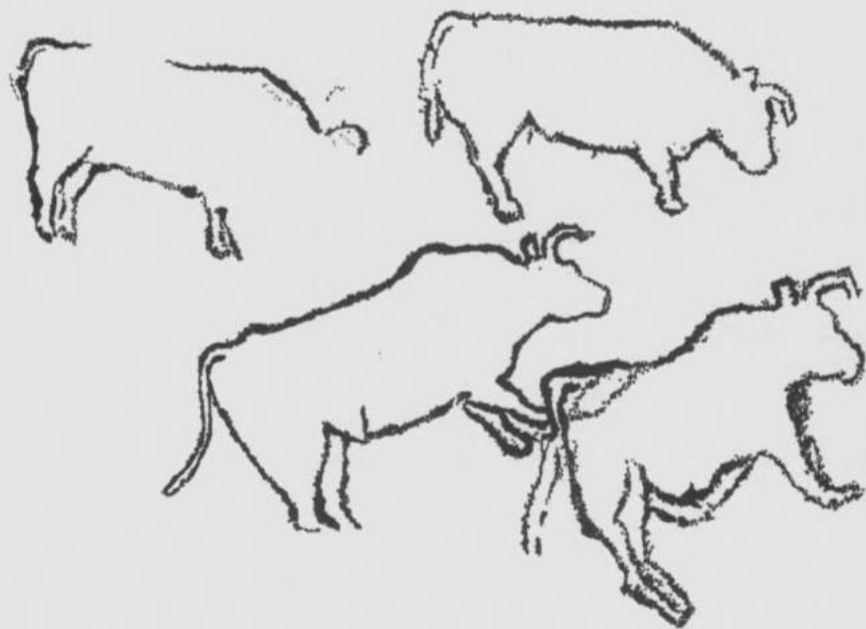


Fig. 6. — Qurta II, locality 4, panel 2 (QII.4.2). Total length of panel is about 1.75 m (tracing: E. Figari, A. Lebrun-Nélis and I. Therasse; digital processing: W. Claes).



Fig. 7. — Qurta I, locality 4, panel 1 (QI.4.1). Total length of panel is about 3.20 m (tracing: E. Figari, A. Lebrun-Nélis and I. Therasse; digital processing: W. Claes).

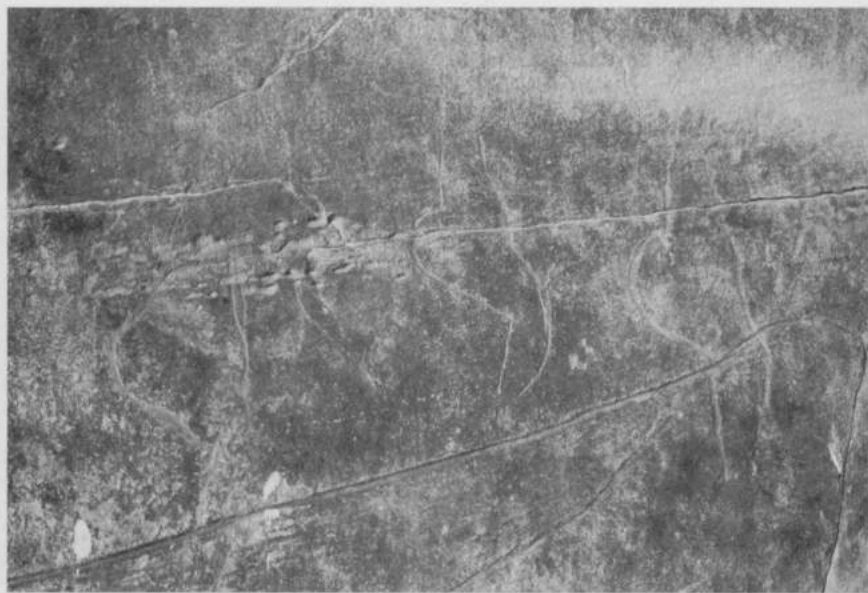


Fig. 8. — Detail of QIL3.1 showing three stylized human figures (superimposed by a large bovid figure). Height of central figure is 17.5 cm.



Fig. 9. — Qurta I, locality 2, panel 1 (QI.2.1). Total length of panel is about 1.50 m (chalking not done by the Belgian mission).



Fig. 10. — Detail of QII.3.1 showing hippopotamus with scratches over the head and neck. Length of figure is 74.0 cm.

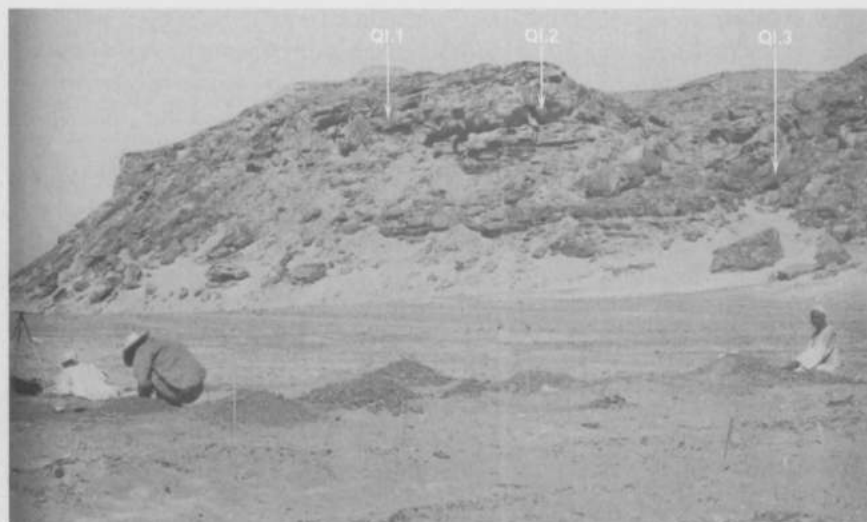


Fig. 11. — Excavations at GS-III by the Canadian Prehistoric Expedition in 1962-1963. Rock art locations QI.1, QI.2 and QI.3 are situated at a distance of only 150 to 200 m from the Late Palaeolithic settlement (modified after SMITH 1976).

Palaeolithic inhabitants of the Kom Ombo Plain practised the technique of incising sandstone.

The GS-III site and similar sites found by the Canadian Prehistoric Expedition and other missions in the Kom Ombo Plain in the early 1960s are currently attributed to the Ballanan-Silsilian culture (WENDORF & SCHILD 1989, VERMEERSCH 1992). Other occurrences of this culture are known from Wadi Halfa in Sudanese Nubia and from the vicinity of Esna (E71-K20) and Nag Hammadi (Arab el-Sahaba). The Ballanan-Silsilian culture is dated to about 16,000 to 15,000 years ago (BP). Climatologically this corresponds to the end of an hyper-arid period, preceding a return of the rains and the 'Wild Nile' stage of about 14,000-13,000 BP.

The fauna of these Ballanan-Silsilian and other Late Palaeolithic sites in the Kom Ombo Plain (CHURCHER 1972, PETERS 1990) suggests a culture of hunters and fishermen with a mixed subsistence economy oriented to both stream and desert for food resources. It is essentially characterized by the following elements: aurochs (*Bos primigenius*), hartebeest (*Alcelaphus buselaphus*), some species of gazelle (especially *Gazella dorcas*), hippopotamus (*Hippopotamus amphibius*), wading and diving birds (including numerous goose and duck species) and some fish species (especially *Clarias* or catfish). With the exception of hartebeest, which is rare in the Qurta rock art (only one probable example at Qurta II), this faunal inventory perfectly matches the animal repertory of the

Qurta rock art sites. Both in the Late Palaeolithic faunal assemblages and in the rock art, large 'Ethiopian' faunal elements, such as elephant, giraffe and rhinoceros, are conspicuously absent. The latter animals, in fact, appear only later in the Egyptian natural environment, well after the onset of the Holocene, that is well after about 12,000 BP.

Although the Canadian Prehistoric Expedition initially hinted on several occasions at the high antiquity of the rock art at Qurta (SMITH 1964, 1965), it has, in our view, ultimately failed to assess the true importance of its finds. In an article in "Scientific American", P.E.L. SMITH (1976) stated: "Interesting scenes of wild animals, including cattle and hippopotamus, are engraved on the cliffs near our Gebel Silsila sites, but no one can prove they were the work of a late Palaeolithic group." And still later, in 1985, he assumed: "... that the Gebel Silsila art [...] is of Holocene age like most or all of the art known to date in northern Africa." (SMITH 1985). In our opinion, because of the various particularities listed above, the rock art of Qurta reflects a true Palaeolithic mentality, quite closely comparable to what governs European Ice-Age art (as outlined, for instance, in BAHN & VERTUT 1997, pp. 134-169). We accordingly propose an attribution of this Qurta rock art to the Late Pleistocene Ballanan-Silsilian culture or a Late Palaeolithic culture of similar nature and age. In this respect, it can hardly be coincidental that the comparable site of Abu Tanqura Bahari 11 at el-Hosh is also situated at close distance (only at about 500 m) from a Late Palaeolithic site that, mainly on the basis of its stratigraphical position immediately below the 'Wild Nile' silts, must be of roughly similar age as the Ballanan-Silsilian industry of the Kom Ombo Plain. There remains, in our opinion, therefore little doubt that the rock art of Qurta must be about 15,000 years old. Direct ages for this rock art are not yet available, but analyses are under way to explore its potential for AMS ¹⁴C dating of organics in the varnish rind and/or U-series dating. The discovery of several rock drawings still partly or wholly covered by scree accumulations at Qurta II offers further dating possibilities. As these sandy and rocky deposits can probably be dated using Optically Stimulated Luminescence (OSL), hope exists that a valid date *ante quem* for the rock art can be obtained.

As regards style and a number of iconographical particularities, it should be stated that the Qurta rock art shows remarkable affinities with the Late Magdalenian rock art of Europe. This is particularly evident from the human figures (fig. 8), most of which are very similar to the anthropomorphs of the Lalinde/Gönnersdorf type (general discussion and distribution maps in LORBLANCHET & WELTE 1987; BOSINSKI *et al.* 2001, pp. 299-346). Moreover, some of the more elaborately executed bovids at Qurta are quite reminiscent of Late Magdalenian aurochs representations, such as those from the *Grotte de la Mairie* in Teyjat (Dordogne) (BARRIERE 1968). Both the Lalinde/Gönnersdorf type figures and the latter bovids are dated to the period of about 13,000-12,000 BP. The question whether or not the probable anteriority of the Qurta images to their European Late Magdalenian counterparts by several thousands of years has

broader implications in terms of long-distance influence and intercultural contacts, is difficult to deal with on the basis of the current evidence.

4. Conclusions and Prospects

The Qurta rock art is quite unlike any rock art known elsewhere in Egypt. It is substantially different from the ubiquitous 'classical' Predynastic rock art of the fourth millennium BC, known from hundreds of sites throughout the Nile Valley and the adjacent Eastern and Western deserts. It is also very dissimilar from probable Epipalaeolithic petroglyph assemblages in the area, such as at el-Hosh, essentially characterized by depictions of fish traps, stylized representations of crocodiles and various curvilinear and geometric designs (HUYGE *et al.* 1998, HUYGE 2005, STOREMYR 2008). The only true parallels thus far known for Qurta are the rock art previously discovered at Abu Tanqura Bahari (ATB11) at el-Hosh (see above) and a similar occurrence at Wadi (Chor) Abu Subeira, about 45 km to the south of Qurta (fig. 1). The latter site, designated CAS6, was discovered in 2006 by the Supreme Council of Antiquities (Aswan), in cooperation with the international QuarryScapes project (STOREMYR *et al.* 2008). As ATB11, CAS6 is a small rock art assemblage, containing only about 30 to 35 images, most of which are, again, bovids. Fish, hippopotamus and probably hartebeest are also present. Birds and human figures, however, have not yet been identified. In spite of the fact that the area between Edfu and Aswan has been intensively quarried and mined on both sides of the Nile, more sites of this particular nature probably remain to be found.

The field campaigns organized at Qurta in 2007 and 2008 have allowed us to document the rock art properly. All the Qurta panels have now been inventoried, photographed and traced at actual size onto transparent plastic (which, at several locations, also necessitated the construction of scaffolding; see figs 3, 12). An unexpected result of the 2008 campaign was the discovery of a Late Palaeolithic settlement at the very base of the cliff bearing the Qurta III rock art site. The small assemblage of about 80 chert, quartz and silicified sandstone artefacts collected at this locality, including several small cores and tools, is definitely of Late Palaeolithic affinity. It is probably one of the last such settlements that is still preserved in the heavily built-on and cultivated northern part of the Kom Ombo Plain. A small test trench executed in March 2008 in order to check the stratigraphy unfortunately delivered no artefacts *in situ*. More systematic and large-scale testing of the area will be required in order to locate the original concentration of lithic material. Because of the lack of diagnostic artefacts among the stray finds it is too soon to tell if the lithic industry can be related to the Ballanan-Silsilian culture. It is hoped that the archaeological features and possible faunal remains at this location can shed more light on the age and makers of the Qurta rock art.

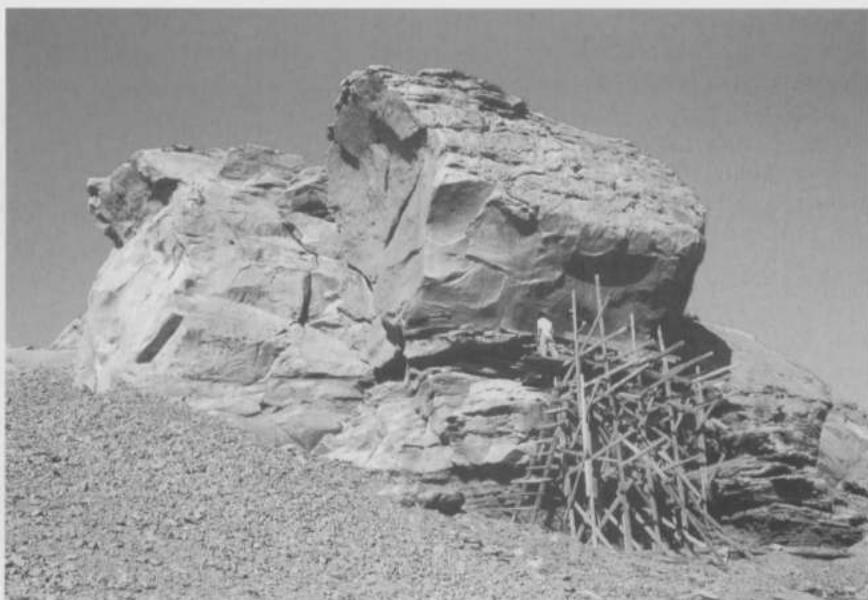


Fig. 12. — Scaffolding constructed in March 2008 at Qurta I, locality 6, panel 1 (QI.6.1).

ACKNOWLEDGEMENTS

I thank Maxime Aubert (The Australian National University), Hans Barnard (University of California, Los Angeles), Wouter Claes (RMAH), Deborah Darnell (Yale University), John Coleman Darnell (Yale University), Morgan De Dapper (Ghent University), Elyssa Figari (Marin Museum of the American Indian), Salima Ikram (The American University in Cairo), Anne Lebrun-Nélis (RMAH) and Isabelle Therasse (RMAH) for their collaboration in field activities. My thanks are also due to the Supreme Council of Antiquities of Egypt (SCA) for granting permission to conduct research at Qurta. I am particularly indebted to Mohamed El Bialy and Ahmed Saady Ahmed of the SCA Aswan and to Mahmoud Nag Gheili and Mohamed Ali El Nagar of the SCA Kom Ombo for their continuous support and kind assistance in the field. Adel Kelany of the SCA Aswan and Per Storemyr of the Geological Survey of Norway kindly released unpublished information on their important finds in the Aswan area, Wadi Abu Subeira in particular. Special thanks also to Paul G. Bahn for commenting upon an earlier draft of this paper. Funding for this research was provided by the Egyptology Endowment Fund of Yale University (New Haven, USA). In addition, the Netherlands-Flemish Institute in Cairo (NVIC) and Vodafone Egypt offered administrative and logistical support.

REFERENCES

- BAHN, P. G. & VERTUT, J. 1997. *Journey through the Ice Age*. — London, Weidenfeld & Nicolson, 240 pp.
- BARRIERE, C. 1968. Les gravures de la Grotte de la Mairie à Teyjat (Dordogne). — *Travaux de l'Institut d'Art Préhistorique*, **10**: 1-12.
- BOSINSKI, G., D'ERRICO, F. & SCHILLER, P. 2001. Die gravierten Frauendarstellungen von Gönnersdorf. — Gönnersdorf Band 8. Stuttgart, Franz Steiner Verlag GmbH, 364 pp.
- CHURCHER, C. S. 1972. Late Pleistocene Vertebrates from Archaeological Sites in the Plain of Kom Ombo, Upper Egypt. — *Life Sciences Contribution* 82. Toronto, Royal Ontario Museum, 172 pp.
- HUYGE, D. 2005. The fish hunters of El-Hosh: rock art research and archaeological investigations in Upper Egypt (1998-2004). — *Bul. Séanc. Acad. r. Sci. Outre-Mer*, **51** (3): 231-249.
- HUYGE, D., AUBERT, M., BARNARD, H., CLAES, W., DARNELL, J. C., DE DAPPER, M., FIGARI, E., IKRAM, S., LEBRUN-NELIS, A. & THERASSE, I. 2007. 'Lascaux along the Nile': Late Pleistocene rock art in Egypt. — *Antiquity*, **81**, Project Gallery [<http://antiquity.ac.uk/ProjGall/huyge/index.html>].
- HUYGE, D., DE DAPPER, M., DEPRAETERE, D., ISMAIL, M., MARCHI, E., MOMMAERTS, R., REGULSKI, I. & WATCHMAN, A. 1998. Hilltops, silts, and petroglyphs: the fish hunters of El-Hosh (Upper Egypt). — *Bulletin des Musées royaux d'Art et d'Histoire*, **69**: 97-113.
- HUYGE, D., WATCHMAN, A., DE DAPPER, M. & MARCHI, E. 2001. Dating Egypt's oldest 'art': AMS ¹⁴C age determinations of rock varnishes covering petroglyphs at El-Hosh (Upper Egypt). — *Antiquity*, **75**: 68-72.
- LINSELEE, V. 2004. Size and size change of the African aurochs during the Pleistocene and Holocene. — *Journal of African Archaeology*, **2**: 165-185.
- LORBLANCHET, M. & WELTE, M.-C. 1987. Les figurations féminines stylisées du Magdalénien supérieur du Quercy. — *Bulletin de la Société des Etudes du Lot*, **108** (3): 3-57.
- PETERS, J. 1990. Late Palaeolithic ungulate fauna and landscape in the plain of Kom Ombo. — *Sahara*, **3**: 45-52.
- SMITH, P. E. L. 1964. Expedition to Kom Ombo. — *Archaeology*, **17**: 209-210.
- SMITH, P. E. L. 1965. The Aswan Dam, salvage archaeology and Canada. — *Canadian Geographical Journal*, **70**: 88-97.
- SMITH, P. E. L. 1976. Stone age man on the Nile. — *Scientific American*, **235**: 30-38.
- SMITH, P. E. L. 1985. An enigmatic frieze from Upper Egypt: a problem in Nilotic rock art. — *In: LIVERANI, M., PALMIERI, A. & PERONI, R. (Eds.), Studi di paletnologia in onore di Salvatore M. Puglisi*. Roma, Università di Roma "La Sapienza", pp. 359-368.
- STOREMYR, P. 2008. Prehistoric geometric rock art at Gharb Aswan, Upper Egypt. — *Sahara*, **19**: 61-76.
- STOREMYR, P., KELANY, A., NEGM, M. A. & TOHAMI, A. 2008. More 'Lascaux along the Nile'? Possible Late Palaeolithic rock art in Wadi Abu Subeira, Upper Egypt. — *Sahara*, **19**: 155-158.
- VERMEERSCH, P. M. 1992. The Upper and Late Palaeolithic of Northern and Eastern Africa. — *In: KLEES, F. & KUPER, R. (Eds.), New Light on the Northeast African Past*.

Current Prehistoric Research. Africa Praehistorica 5. Köln, Heinrich-Barth-Institut, pp. 99-153.

WENDORF, F. & SCHILD, R. 1989. Summary and synthesis. — *In*: WENDORF, F. & SCHILD, R. (Assemblers), CLOSE, A. E. (Ed.), *The Prehistory of Wadi Kubbania. Volume 3. Late Palaeolithic Archaeology*. Dallas, Southern Methodist University Press, pp. 768-824.

Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen

Classe des Sciences naturelles et médicales

L'œsophagostomiase humaine. Une parasitose méconnue*

par

Paul GIGASE**

*Au Docteur Sénamé Baeta,
chirurgien dévoué et curieux.*

MOTS-CLES. — Helminthiases humaines; Œsophagostomiase humaine; Togo; Ghana.

RESUME. — Les *Œsophagostomum* sont des nématodes parasites de mammifères domestiques et sauvages. L'infection se fait par ingestion de larves qui pénètrent la paroi intestinale et vont continuer leur développement dans de petits abcès de la paroi, dont la confluence est à l'origine de troubles divers. Avant 1980 une cinquantaine de cas humains généralement isolés étaient considérés comme des infections accidentelles à partir du réservoir animal. En 1980, S. Baeta, chirurgien à Dapaong dans l'extrême Nord-Togo, envoya à l'Institut de Médecine Tropicale (IMT) d'Anvers des biopsies de quatre tumeurs qu'il avait opérées et dont l'étiologie l'intriguait, en signalant leur grande fréquence dans la région. Le Dr A. Polderman du laboratoire de parasitologie de l'Université de Leiden, avec lequel l'IMT collaborait activement, s'intéressa au problème. Ce fut le début d'une série d'études au Nord-Togo, et dans la région limitrophe du Nord-Ghana. Le nombre d'infections humaines par *Œsophagostomum* y a été estimé à 250 000 avec un million de personnes exposées au risque. La maladie, d'évolution en général bénigne, peut néanmoins prendre des formes plus sévères. Un aperçu est donné des acquis de vingt années de recherche et des problèmes encore non résolus.

TREFWOORDEN. — Menselijke darmwormen; Menselijke oesophagostomiasis; Togo; Ghana.

SAMENVATTING. — *Menselijke oesophagostomiasis. Een miskende parasitaire aandoening.* — *Oesophagostomum* soorten zijn parasitaire ronde wormen van wilde en tamme zoogdieren. De besmetting gebeurt door inname van larven die de darmwand doorboren en zich ontwikkelen in kleine abscessen in de wand. Dit kan uiteenlopende gevolgen verwekken. Vóór 1980 waren een vijftigtal meestal alleenstaande gevallen bekend bij de mens. Ze werden beschouwd als toevallige besmettingen vanuit het dierlijke reservoir. In 1980 stuurde S. Baeta, chirurg in Dapaong in het meest noordelijke deel van Togo, biopsiefragmenten naar het Instituut voor Tropische Geneeskunde (ITG) in Antwerpen van vier

* Communication présentée à la séance de la Classe des Sciences naturelles et médicales tenue le 27 novembre 2007. Texte reçu le 19 février 2008.

** Membre de l'Académie.

darmgezwellen, waarvan de oorzaak hem intrigeerde en waarbij hij wees op de frequentie van deze gevallen in de streek. Dr. A. Polderman van het laboratorium voor parasitologie van de Universiteit Leiden, waarmee het ITG nauw samenwerkte, geraakte geïnteresseerd in dit probleem. Dit was het begin van een reeks studies in het noorden van Togo en van het aanpalende deel van Ghana. Het aantal besmettingen van de mens door *Oesophagostomum* wordt er op 250 000 geraamd, met meer dan één miljoen blootgestelde bewoners. De ziekte, hoewel meestal goedaardig, kan ook meer ernstige gevolgen hebben. Er wordt een overzicht gegeven van de verworvenheden van twintig jaar navorsing en van de nog onopgeloste problemen.

KEYWORDS. — Human Helminthiasis; Human Oesophagostomiasis; Togo; Ghana.

SUMMARY. — *Human Oesophagostomiasis. An Unrecognized Parasitic Disease.* — Species of *Oesophagostomum* are parasitic nematodes of wild and domestic mammals. They become infected by ingestion of larvae, which penetrate the intestinal wall and develop further in small abscesses in the thickness of the wall, a process which can induce various troubles. Before 1980, about fifty mostly isolated human cases had been described, considered as accidental human contaminations from the animal reservoir. In 1980, S. Baeta, surgeon in Dapaong in the most northern part of Togo, sent four biopsy specimens of bowel tumours to the Institute of Tropical Medicine (ITM) in Antwerp. He was puzzled by the cause of such lesions, which he encountered frequently in the area. Dr. A. Polderman from the laboratory of parasitology of the University of Leiden, which closely cooperated with the ITM, became interested in this condition. This was the beginning of a series of studies in north Togo and the adjacent part of Ghana. Human infections have been estimated in the area at 250 000, with one million people at risk. The disease, though usually benign, can sometimes cause severe pathology. The experience of twenty years of investigation and some as yet unsolved problems are briefly described.

Introduction

L'œsophagostomiase est une infection par nématodes, due à plusieurs espèces du genre *Oesophagostomum*, qui atteint de nombreux mammifères domestiques et sauvages (fig. 1). Les vers adultes, longs d'environ 1 à 1,5 cm, vivent dans la lumière de l'intestin, fixés à la paroi, et pondent des œufs, qui tombent sur le sol où ils éclosent. Les larves se développent et atteignent en une semaine environ le stade infectant L3. L'infection a lieu par ingestion de larves à partir du sol, du moins chez les espèces où le mode de contamination est connu. Arrivées dans l'intestin, les larves pénètrent la muqueuse et le développement ultérieur se fait dans l'épaisseur de la paroi intestinale, en provoquant de multiples petits abcès, d'où les larves subadultes réintègrent la lumière intestinale et deviennent matures.

Chez l'homme, les premiers œsophagostomes furent trouvés en 1902 par Brumpt dans la paroi d'un segment d'intestin prélevé à l'autopsie d'un sujet éthiopien lors de l'expédition française dans la vallée de l'Omo. Ils furent décrits comme espèce nouvelle en 1905 (RAILLIET 1905). Les œufs d'œsophagostomes

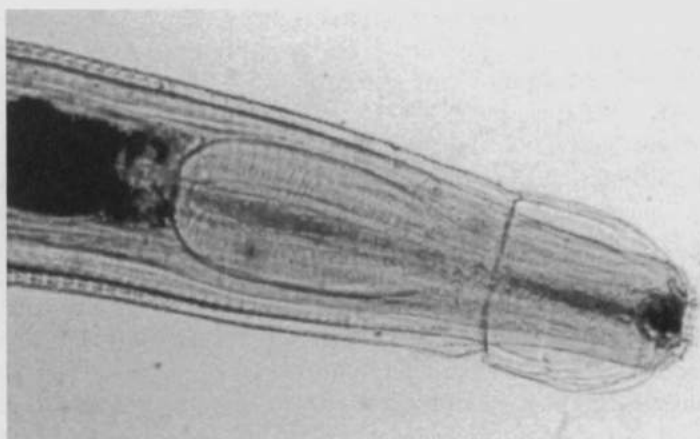


Fig. 1. — Extrémité céphalique d'*O. bifurcum* adulte. Le sillon céphalique dans lequel débouche un pore excréteur est une des caractéristiques du genre.

sont chez l'homme indiscernables des œufs des deux espèces d'ankylostomes humains, *Necator* et *Ankylostoma*, omniprésents et extrêmement fréquents dans presque toutes les régions tropicales du monde. La méthode habituelle de diagnostic des helminthiases intestinales par examen coprologique n'est donc pas utilisable dans ce cas. Jusqu'en 1980, la littérature ne mentionne qu'une cinquantaine de cas humains, en Afrique ou originaires d'Afrique, à l'exception d'un cas brésilien et d'un cas indonésien. Il s'agit généralement de diagnostics faits sur des pièces opératoires ou, deux fois, sur des vers adultes expulsés après administration d'anthelminthiques. Ce sont, à une exception près, des cas sporadiques provenant de Guinée, de la Côte d'Ivoire, du Nigéria, de l'Uganda, du Kenya, du Soudan, du Zimbabwe ou d'Ethiopie. Presque tous les auteurs considèrent que ce sont des cas d'infection humaine accidentelle par des œsophagostomes d'origine animale. L'exception jusqu'en 1980 était une série de neuf patients du nord-est du Ghana opérés en un an à l'hôpital de Bawku par deux chirurgiens néerlandais (HAAF & VAN SOEST 1964). Les vers trouvés dans les lésions typiques de l'intestin étaient identifiés comme *Oesophagostomum bifurcum*, un parasite commun des singes africains. Les auteurs suggéraient que l'homme était probablement le réservoir dans cette région et que la transmission y était interhumaine. Cette publication passera pratiquement inaperçue.

La Tumeur de Dapaong

Le laboratoire d'anatomie pathologique de l'Institut de Médecine Tropicale (IMT) d'Anvers avait dans ses attributions l'examen de biopsies ou de tissus

prélevés au cours d'opérations ou d'autopsies en provenance du tiers monde e.a. pour pallier en partie au manque de laboratoires ad hoc dans ces pays. Ces examens étaient faits gratuitement et le service ouvert à tout médecin autochtone ou allochtone. En 1982, plus de 19 000 examens avaient été réalisés en provenance principalement d'Afrique subsaharienne. En décembre 1982, le laboratoire reçut pour la première fois quatre biopsies du Togo. Elles étaient expédiées par un chirurgien de l'hôpital de Dapaong, dans l'extrême nord du pays, le Docteur Sénamé Baeta, intrigué par de curieuses tumeurs intestinales apparemment propres à la région et connues localement sous le nom de Tumeur de Dapaong. Cette appellation avait été donnée par un chirurgien français qui avait travaillé dans la région avant l'indépendance du pays. La cause de la maladie, pourtant fréquente, n'avait jusqu'alors pu être établie, car les diagnostics anatomo-pathologiques proposés étaient divergents. Un ancien élève de l'IMT, de passage à Dapaong, avait conseillé à S. Baeta d'envoyer quelques prélèvements à l'IMT. Les quatre prélèvements consistaient en parties de gros intestin, dont l'aspect, aussi bien macroscopique que microscopique, était parfaitement caractéristique (voir plus loin). De telles lésions n'avaient jusqu'alors jamais été rencontrées dans le matériel reçu à l'IMT, mais le diagnostic était évident. Il s'agissait de cas d'œsophagostomiase humaine, identiques à ceux de la littérature existante (GIGASE *et al.* 1987). Le diagnostic fut communiqué au Togo et j'exprimai mon étonnement de voir simultanément quatre cas d'une maladie considérée rare. S. Baeta répondit qu'il s'agissait d'une affection bien connue dans la région. Les patients se présentaient avec des tumeurs abdominales plus ou moins douloureuses, apparaissant en quelques semaines, mais qui dans la plupart des cas se résorbaient spontanément en quelques mois. La minorité de cas opérés montraient des signes de subocclusion intestinale ou de formation d'abcès ou étaient porteurs de tumeurs particulièrement volumineuses et/ou douloureuses et opérés par précaution. Lors des opérations les lésions étaient retrouvées sur le gros intestin et les localisations ectopiques dans la cavité abdominale étaient fréquentes. La lumière intestinale était rétrécie mais jamais oblitérée et l'occlusion éventuelle était la conséquence d'adhérences péri-intestinales. Un certain nombre de patients développaient des abcès plus volumineux de la paroi abdominale qui finissaient par évacuer vers l'extérieur un pus abondant. La fièvre était rare et, en l'absence de complications, l'état général restait bon. Le diagnostic différentiel préopératoire d'avec les nombreuses autres causes de tumeurs abdominales d'origine mécanique, infectieuse e.a. parasitaire ou tumorale n'était pas toujours évident. Sur les cinquante et un patients opérés par S. Baeta, quarante-deux avaient moins de vingt ans. En reprenant la littérature, il s'avéra que les cas publiés en 1964 par Haaf et Van Soest étaient semblables à ceux de Dapaong. La ville de Bawku, au Ghana, est située à moins de 50 km à vol d'oiseau de Dapaong, de l'autre côté de la frontière. Leur publication n'était pas connue des médecins travaillant au Togo ni d'ailleurs au Ghana même.

De novembre 1980 à juillet 1984, date à laquelle il fut muté au CHU de Lomé, S. Baeta avait opéré cinquante et un patients atteints de la maladie au CHR de

Dapaong. Dans les vingt derniers mois il avait envoyé des biopsies de vingt-quatre cas à l'IMT d'Anvers. Il les accompagna de notes très détaillées sur les aspects cliniques, la distribution des cas par âge, par sexe et par tribu, le mode de vie et de nutrition des habitants, etc. Dès que l'étiologie fut connue, seuls les cas compliqués (obstruction, abcédation) furent encore opérés, les autres étant, si nécessaire, traités par antibiotiques et anti-inflammatoires.

Les laboratoires d'anatomie pathologique de l'IMT et de parasitologie de l'Université de Leiden, aux Pays-Bas, travaillaient en étroite collaboration dans le domaine des bilharzioses. Le Docteur A. M. Polderman, helminthologue et chef de section de ce laboratoire, s'intéressa aux problèmes de l'œsophagostomiase. Ce fut le début d'une série d'études au Nord-Togo et au Nord-Ghana de 1987 à 2006. De nombreux aspects de la maladie furent étudiés, mais certains restent encore inexplicables à ce jour.

En septembre 1987, A. Polderman put organiser une visite commune à Dapaong, grâce à un subside du WOTRO (Fonds néerlandais pour la Recherche scientifique dans les Tropiques) et avec la collaboration du Ministère de la Santé togolais, qui mit le Docteur S. Baeta, alors en poste à Lomé, à la disposition de notre mission. Le but était e. a. de voir les possibilités d'études plus prolongées sur place par des candidats au doctorat en biologie de l'Université de Leiden.

Comme déjà mentionné, le diagnostic par examen microscopique des selles n'est pas possible dans ce cas. Des essais furent entrepris avec une technique simple de coproculture (voir plus loin). Comme prévu, les larves furent retrouvées chez des porteurs de Tumeur de Dapaong mais aussi chez des patients asymptomatiques dans la région et dans des excréments de singes obtenus au sud de Dapaong. Il devenait donc possible d'identifier l'infection.

Les premières observations sur place confirmèrent l'absence de réservoir animal avéré au Nord-Togo, les singes notamment étant devenus rares dans la région. Toutes les ethnies étaient atteintes, indépendamment du mode de vie, d'alimentation ou de religion, dans cette population partagée à parts approximativement égales entre chrétiens, musulmans et animistes. Dapaong est situé en région de savane guinéenne à proximité immédiate du Burkina Faso et du Ghana. La saison des pluies dure de juin à septembre et est suivie d'un temps chaud et sec. La région est assez densément peuplée avec septante habitants par km² autour de Dapaong, densité qui diminue vers le sud, et dispersée dans des villages mal délimités. L'alimentation est assez variée. La maladie est bien connue de la population locale, e. a. sous les noms de koulkoul («la tortue» par allusion aux masses dures dans l'abdomen) ou de tougnale (l'abcès dans le ventre). Il existe des traitements traditionnels pour faire murir et crever les abcès de la paroi abdominale.

A la suite de cette visite exploratoire, cinq collaborateurs du laboratoire de Leiden allaient successivement étudier sur place ou à Leiden même les divers aspects de la maladie et y consacrer leur thèse de doctorat, H. P. Krepel de 1987 à 1990 (aspects généraux), D. S. S. Pit de 1994 à 1997 (diagnostic, transmission

et immunologie), P. Storey de 1996 à 1998 (aspects cliniques et ultrasonographie), H. de Gruijter (typage moléculaire) et J. B. Ziem, de nationalité ghanéenne, (contrôle) de 2001 à 2003. Les investigations débutèrent à Dapaong, mais furent pour diverses raisons poursuivies à partir de 1996 au nord Ghana. Les travaux ont été complétés par de nombreuses visites du personnel du laboratoire de Leiden sur place et par des investigations plus poussées sur quelques aspects particuliers à Leiden et à l'Université d'Antwerpen. Au total ces études allaient donner lieu à plus de quarante publications et à cinq thèses de doctorat sous la direction de A. Polderman.

Anatomie des lésions

Les spécimens opératoires du Togo (GIGASE *et al.* 1987) et du Ghana (BOGERS *et al.* 2001) présentent des lésions remarquables aussi bien à l'examen direct qu'à l'étude histologique. Les pièces opératoires du Togo appartiennent à la forme multinodulaire, ceux du Ghana en partie aussi à la forme solitaire, considérée parfois comme Tumeur de Dapaong proprement dite. Dans la forme multinodulaire les nodules sont retrouvés dans près de deux tiers des cas sur toute la longueur du colon et dans un tiers sur la moitié droite seulement. Les localisations ectopiques sont communes sur l'iléon terminal, le mésentère, l'épiploon, le foie, la vessie et la paroi abdominale. Dans un cas les nodules étaient présents uniquement sur le péritoine et l'épiploon mais pas sur l'intestin.

A l'examen anatomique la paroi externe de l'intestin est soulevée par de nombreux petits kystes, agglutinés les uns aux autres, épaississant la paroi et rendant le segment rigide, déformé et congestif (fig. 2). L'intestin est entouré d'adhérences. La lumière est rétrécie mais reste perméable (fig. 3). Les cas de (sub)-occlusion intestinale sont exclusivement dus aux adhérences de la séreuse. Chaque nodule de la dimension approximative d'une cerise est rempli de matériel nécrotique, figé par le fixateur.

A l'examen histologique la paroi intestinale présente de multiples petits kystes remplis de cellules inflammatoires nécrotiques, principalement des éosinophiles, avec parfois des cristaux de Charcot-Leyden. Dans les nodules on trouve généralement une ou plusieurs sections d'un nématode solitaire parfaitement conservé et manifestement vivant au moment de l'opération (fig. 4). La paroi des abcès est formée de tissu fibreux plus ou moins fortement infiltré par des éosinophiles, macrophages, plasmocytes et cellules morulaires en proportions variables. La réaction inflammatoire est étendue et responsable de la formation des adhérences périintestinales. On n'observe pas de lésions folliculaires. Les abcès sont généralement situés entre la séreuse et la musculaire, en partie dans le muscle même ou sous la muqueuse. Cette dernière reste toujours intacte. Dans la sous-muqueuse on observe parfois des lésions d'un autre type, consistant en étroits trajets fistuleux ou étoilés à contenu fibrineux entourés d'histiocytes palissadés et d'un infil-



Fig. 2. — Segment d'intestin montrant les nombreux petits abcès faisant saillie sous la séreuse.



Fig. 3. — Coupe transversale d'un intestin parasité montrant l'épaississement de la paroi dû à la présence des kystes et la lumière rétrécie mais non oblitérée.



Fig. 4. — Microphotographie d'un kyste pariétal de l'intestin. La photo d'une larve extirpée d'un nodule a été superposée au même grossissement à celle du kyste.

trat lymphocytaire remarquablement dense avec de grands centres germinatifs. On les trouve à proximité des abcès typiques, mais des images de transition n'ont pas été vues. Il pourrait s'agir de réactions autour de kystes collabés après la sortie des larves vers l'intestin. Les ganglions mésentériques, quand ils sont présents, sont hypertrophiés avec d'importants centres germinatifs. Des lésions granulomateuses ont été observées dans un cas, sans nécrose, ni restes de vers,

mais leur étiologie n'est pas nécessairement liée à l'œsophagostomiase. Dans un cas on trouve dans la lumière d'un appendice des sections d'un œsophagostome adulte. De l'étude histomorphométrique (BOGERS *et al.* 2001) il ressort que le diamètre moyen des abcès varie entre 0,2 et 0,8 cm selon les cas. Chez un même patient tous les abcès sont au même stade et ont approximativement le même diamètre.

Quelques pièces opératoires montrent des abcès de taille moyenne plus grande dont la paroi est constituée de tissu fibreux plus dense, moins infiltré de cellules inflammatoires et présentant souvent des calcifications. C'est aussi l'aspect des lésions dans la forme uniloculaire qui sont constituées d'un nodule dur de 3 à 6 cm de diamètre à paroi fibreuse épaisse entourant une cavité abcédée de 0,6 à 0,8 cm. On n'y retrouve pas de larves. Il est possible qu'il s'agit dans ces cas de nodules anciens encapsulés dans le mésentère ou sous le péritoine et adhérent à la paroi abdominale. Ce sont probablement ces mêmes lésions qui peuvent parfois se fistuliser et s'ouvrir à l'extérieur.

Les abcès seraient significativement plus grands chez les hommes que chez les femmes, alors que l'incidence des infections est toujours plus élevée chez ces dernières, suggérant que la réaction tissulaire est plus forte chez l'homme (BOGERS *et al.* 2001).

Sur les vingt-quatre cas opérés au Togo par S. Baeta le diagnostic peropératoire d'œsophagostomiase fut confirmé à l'IMT dans vingt et un cas. Dans trois cas les lésions étaient compatibles mais pas caractéristiques. Dans quatorze cas des vers ont été observés à l'examen histologique ou prélevés dans les nodules.

Identification du parasite humain

Les nématodes extirpés des nodules des pièces reçues à l'IMT avaient été identifiés par les helminthologues de l'IMT (J. Brandt et V. Kumar) comme *Œsophagostomum cf. bifurcum* avec un léger doute quant à l'identification spécifique, en raison de l'immaturation des vers retrouvés. Cette identification avait déjà été proposée pour les cas publiés antérieurement du Ghana.

Les premières études sur le terrain confirmèrent l'identité absolue des œufs et des larves L1/L2 d'œsophagostomes et d'ankylostomes. Dès que la technique de coproculture fut mise au point, divers anthelminthiques furent utilisés chez les sujets trouvés positifs pour récolter des vers adultes par tamisage des selles.

La taxonomie des œsophagostomes est compliquée et controversée. On reconnaît huit espèces chez les primates, dont trois ont été retrouvées chez l'homme (*O. bifurcum*, *O. stephanostomum*, *O. aculeatum*). Les parasites observés au Togo et au Ghana sont compatibles avec *O. bifurcum*, parasite très commun des singes africains. Il y a néanmoins quelques différences, telles que la variabilité dans la morphologie de la région orale et la taille inhabituellement grande des femelles adultes (BLOTKAMP *et al.* 1993). Ces différences seront confirmées e. a. par l'étude

du DNA parasitaire (DE GRUYTER *et al.* 2005). Les œsophagostomes parasitant l'homme et trois espèces de singes présentes au Ghana, se partagent en quatre souches, chacune propre au primate parasité, indépendamment de sa répartition géographique. Il existe donc bien dans la région concernée une variété d'*O. bifurcum* propre à l'homme. Ces vers peuvent encore infecter diverses espèces de singes, mais de façon transitoire et avec un rendement faible (EBERHARD *et al.* 2001).

En combinant la numération des œufs (œsophagostomes et ankylostomes ensemble) à l'examen direct, la numération des larves des deux parasites après huit jours de coproculture et la numération des vers adultes dans les selles, tout ceci chez les mêmes individus, il devient possible de calculer grossièrement une production d'œufs aux environs de 5 000 œufs/femelle/jour, du même ordre de grandeur que pour d'autres nématodes de la même famille, ankylostomes ou *Ternidens*. Il existe en effet une relation linéaire entre vers adultes, quantité d'œufs et quantité de larves après coproculture (KREPEL & POLDERMAN 1992).

Epidémiologie et répartition géographique des infections

Dès les premières enquêtes, à partir de 1988, des prévalences élevées de 10 à 50 % d'infection, parfois plus, furent observées aussi bien au Nord-Togo qu'au Nord-Ghana. En 1997, une enquête systématique montra que presque tous les villages du Nord-Togo situés entre les frontières avec le Ghana, le Burkina Faso et le Bénin et au sud à la latitude 10°27 N étaient infectés. Plus au sud, l'infection par *O. bifurcum* n'est pas retrouvée, contrairement à l'ankylostomiase. Les prévalences globales sur 3 659 individus examinés était de 29,5 % pour *O. bifurcum* et de 70,3 % pour les ankylostomes. Ces chiffres sont basés sur les coprocultures et donc encore inférieurs à la réalité (PIR *et al.* 1999). Comme dans toutes les études antérieures, la prévalence de l'œsophagostomiase est plus élevée chez les femmes que chez les hommes avec au-dessus de vingt ans, 34 % d'infection chez les femmes pour 25 % chez les hommes. Dans l'ankylostomiase cette différence n'existe pas chez les adultes. Les prévalences d'*O. bifurcum* augmentent rapidement dans l'enfance. Il y a déjà 10 % d'infections à l'âge de quatre ans et 43 % en moyenne vers l'âge de quatorze ans. Ceci est suivi d'une légère diminution, puis d'un plateau persistant jusqu'à un âge avancé. L'infection par ankylostomes est encore plus précoce avec 30 % d'infection dans le groupe de 0 à 4 ans et 10 % en dessous d'un an. De 1988 à 1997 les chiffres de prévalence n'avaient pas changé. La répartition des infections dans les villages est erratique et imprévisible. Dès le début, H. Krepel avait cependant déjà remarqué que les prévalences sont plus élevées dans les villages isolés situés à distance des voies de communication principales (KREPEL *et al.* 1992).

En 2005 les résultats d'une enquête similaire au Nord-Est-Ghana ont été publiés (YELIFARI *et al.* 2005). Dans 216 villages, 20 250 personnes ont été exa-

minées avec une prévalence d'infection globale de 10,2 % pour *O. bifurcum* et de 50,6 % pour les ankylostomes. Les données obtenues sont semblables à celles du Togo et la prévalence plus basse s'explique par l'inclusion en périphérie du foyer de villages non infectés et par le fait qu'une partie des villages a dû être examinée durant la saison sèche où l'intensité des infections est moindre.

Le foyer s'étend jusqu'aux frontières du Burkina Faso, mais la prévalence paraît diminuer vers l'ouest, des cas provenant de villages situés à plus de 150 km de la frontière togolaise étant cependant connus. Par contre, comme au Togo, on n'observe plus de cas en-dessous de la latitude de 10°N (fig. 5). On ne sait rien de la présence de l'infection dans les pays limitrophes, Bénin et Burkina-Faso et d'autres foyers d'infection n'ont pas été signalés en Afrique ou ailleurs dans le monde.

Toutes les enquêtes retrouvent une corrélation très significative entre l'infection par ankylostomes et l'œsophagostomiase, tant au niveau des villages que des individus, chez ces derniers même quantitativement. La prévalence de l'ankylostomiase est cependant toujours plus élevée que celle des *Oesophagostomum*. Un

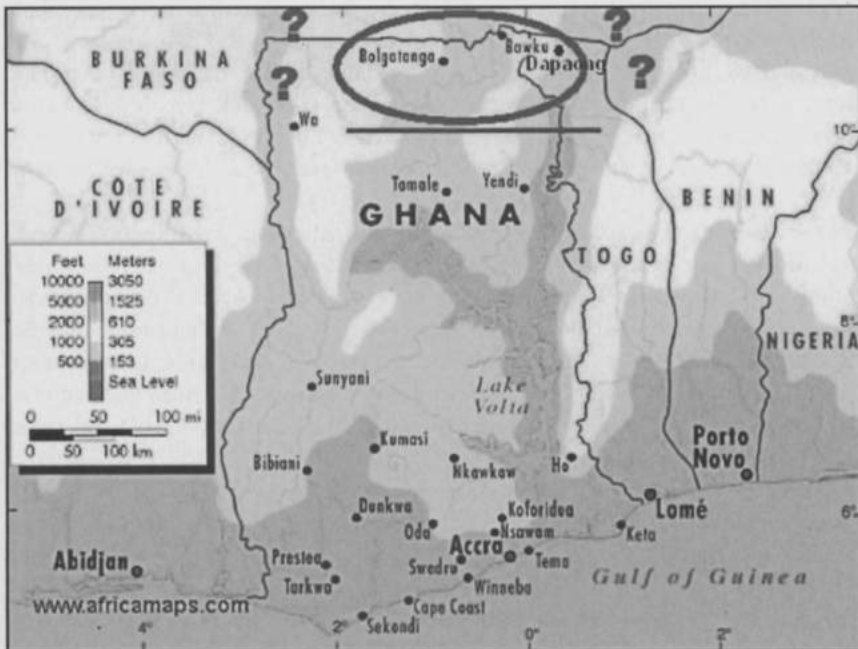


Fig. 5. — L'extension de la zone d'endémie au nord du Togo et du Ghana. La limite sud à la latitude du 10°N est indiquée de même que l'extension minimale vers l'ouest. La situation au Bénin et au Burkina Faso reste inconnue.

sujet porteur d'ankylostomes a cinq fois plus de chances d'être infecté par des œsophagostomes qu'un sujet négatif (ZIEM *et al.* 2006b). C'est l'argument principal pour penser que l'infection se fait de la même façon pour les deux parasites, c-à-d. par pénétration des larves par la peau à partir du sol. A ceci s'oppose l'expérience en médecine vétérinaire où *Oesophagostomum* infecte par voie orale, encore qu'il y ait des exceptions. Les essais d'infection transcutanée sur des volontaires avec des larves d'*Oesophagostomum* humains ont par ailleurs échoué (KREPEL *et al.* 1992).

L'absence de relation avec le métier, la religion ou l'appartenance tribale est toujours confirmée. Une relation avec les conditions de milieu, de sol ou d'hygiène des habitations rurales n'est pas évidente.

Il ressort de diverses études que les infections sont à leur maximum tant pour la prévalence que pour les charges parasitaires durant la saison des pluies, surtout vers la fin. Il en est de même pour les lésions intestinales constatées à l'échographie (STOREY *et al.* 2001c). La majorité des infections se produisent à ce moment. Apparemment la plupart des larves enkystées dans la paroi intestinale retardent leur développement jusqu'au début de la saison des pluies. Ce phénomène d'hypobiose (*arrested development*) est connu dans plusieurs autres helminthiases, e. a. l'ankylostomiase. Tout ceci peut influencer sur les données épidémiologiques, les prévalences étant plus élevées en saison des pluies, et sur les traitements, l'efficacité de ceux-ci étant variable dans l'année (KREPEL *et al.* 1995).

Les larves infectantes (L3) d'*Oesophagostomum* sont remarquablement résistantes à la dessiccation et reprennent vie lorsqu'elles sont réhydratées même après plusieurs mois. Elles peuvent survivre dans l'eau pendant très longtemps. Les larves d'ankylostomes au contraire ne supportent pas la sécheresse (PIT *et al.* 2000).

La rareté des singes dans le foyer, particulièrement au nord Togo, exclut la contamination de l'homme par des parasites des singes. D'autre part des observations dans des réserves naturelles au Ghana au sud du foyer d'oesophagostomose humaine ont montré des prévalences et des charges parasitaires très élevées chez deux espèces de singes qui avaient d'étroits contacts avec la population humaine, sans qu'on retrouve des infections par oesophagostomes chez celle-ci (VAN LIESHOUT *et al.* 2005). Tout indique donc que le réservoir dans le foyer endémique est humain et que la transmission est interhumaine.

Dans l'ensemble on estimait en 1998 que dans la région concernée il pourrait y avoir 250 000 infections humaines par *Oesophagostomum* et un million de personnes exposées au risque d'infection.

Diagnostic des infections

La technique de coproculture mise au point par A. Polderman utilise 2 à 3 g de selles mélangées à un excipient et déposées dans une boîte de Petri sur une bande

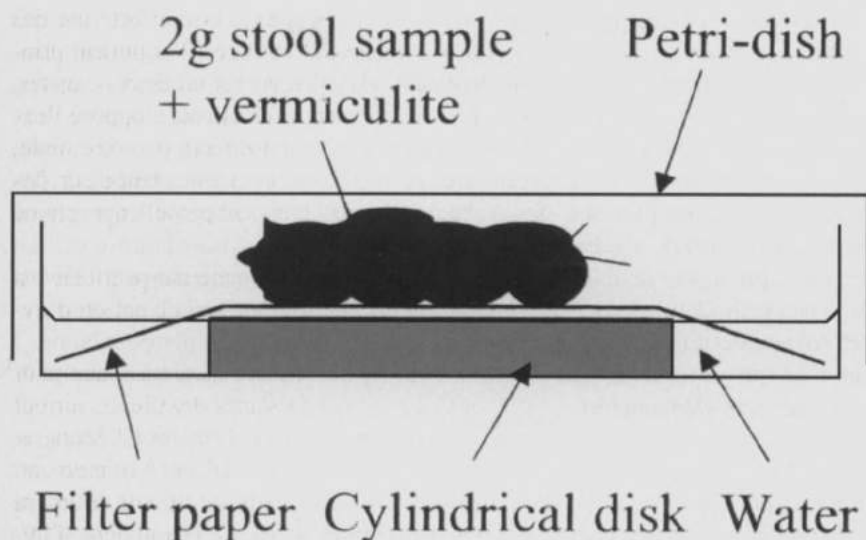


Fig. 6. — Technique de coproculture de A. M. Polderman.

de papier filtre dont les extrémités plongent dans l'eau (fig. 6). Laissés à la température ambiante, les œufs se développent rapidement en larves qui migrent dans l'eau et atteignent après une semaine le stade L3. A ce moment le liquide de la boîte est sédimenté et les diverses larves sont identifiées et comptées. Elles sont alors nettement distinctes de celles des ankylostomes ou d'autres vers intestinaux, contrairement aux œufs ou aux stades L1/L2.

Le diagnostic des infections par coproculture systématique est cependant une routine lourde et peu appropriée aux conditions de travail locales. La sensibilité est relative. Les coprocultures se font en général avec 2 g de selles. Les dédoubler alourdit considérablement le travail pour un gain de sensibilité de 3 à 7 %. La contamination des cultures par des levures ou des larves de mouches est fréquente et oblige à faire une coproculture de réserve. Il est évident qu'il faut un personnel spécialement formé à l'utilisation de la technique et à l'identification des diverses larves rencontrées. La confrontation des données de la coproculture et de l'échographie (voir plus loin) montre qu'aucune des deux techniques n'est particulièrement sensible, même si leur spécificité est excellente.

Au vu du contact intime des larves avec les tissus de l'hôte, un diagnostic sérologique pouvait être envisagé. Un broyat de vers adultes lyophilisés est utilisé comme antigène selon des techniques classiques (PIT *et al.* 2001). Des sérums provenant de villages du nord Togo, où l'œsophagostomiase est endémique, furent comparés à ceux de villages du Togo central où l'infection n'existe pas,

contrairement à l'ankylostomiase partout très présente. Les résultats des IgG globaux sont peu spécifiques. Les IgG4 donnent des résultats fort positifs dans les villages du nord, mais aussi modérément positifs dans les villages du centre. Cette discordance disparaît lorsque les sérums sont au préalable adsorbés avec des antigènes de *Necator*. Les résultats aberrants disparaissent alors et la concordance avec les résultats des coprocultures est meilleure, mais l'ubiquité des ankylostomes et la complication des techniques rend cette recherche impropre au diagnostic. Les IgE s'avèrent plus spécifiques, mais leur sensibilité n'est pas grande, surtout pour le diagnostic individuel. Au plus leur recherche peut-elle établir ou confirmer l'existence de l'infection dans une communauté. Les techniques sérologiques ont aussi d'autres inconvénients, e. a. la réticence des populations à subir des prises de sang, leur coût et leur difficulté relative dans un contexte de soins de santé élémentaires.

Une autre approche est la mise en évidence d'ADN de parasites dans les échantillons de selles par des techniques d'amplification (PCR), utilisant des primers spécifiques pour l'espèce (VERWEIJ *et al.* 2001). Elle se fait sur des quantités minimales de selles conservées par congélation ou dans l'alcool à 96 %. La spécificité est de 100 % et la sensibilité est bien supérieure à celle des coprocultures, aussi bien pour *Oesophagostomum* que pour les ankylostomes. La distinction entre *Ankylostoma* et *Necator* devient possible. Il existe cependant un petit pourcentage de sujets négatifs à coproculture positive. Plus récemment la technique de *Real Time* PCR permet une interprétation quantitative, les résultats étant en bonne corrélation avec ceux des coprocultures (Polderman, comm. pers.). Ces techniques pourraient être utilisées lorsque la coproculture sur place n'est pas possible et pour des enquêtes de présence et de prévalence mais elles requièrent des laboratoires bien équipés et du personnel compétent.

Conséquences cliniques et leur diagnostic

La migration des larves infectantes dans la paroi de l'intestin distal engendrant la formation de kystes à contenu purulent et nécrotique est la cause directe ou indirecte de la pathologie des infections (voir ci-dessus). Si leur nombre est élevé, ces abcès multiples vont épaissir la paroi de l'intestin et en faire une masse rigide et palpable sous la paroi, s'accompagnant de douleurs plus ou moins violentes (fig. 7). On remarque d'emblée la distribution différente par groupe d'âge de la série de cas opérés par S. Baeta, dont 60 % avaient moins de dix ans et 82 % moins de vingt ans en comparaison avec la prévalence des infections qui atteignent leur maximum au dessus de vingt ans (POLDERMAN *et al.* 1991). Apparemment les tumeurs et les symptômes sont plus prononcés ou mieux observables chez les enfants, mais on ne peut exclure que la pathologie engendrée ne diminue avec l'âge par l'établissement d'une immunité relative (STOREY *et al.* 2001c).



Fig. 7. — Enfants togolais porteurs de Tumeurs de Dapaong.

S. Baeta insistait sur le fait que les cas opérés ne représentaient qu'un faible pourcentage des tumeurs observées dans la population et que la majorité des cas régressaient spontanément en quelques mois. Dans une étude portant sur des enfants scolarisés au Togo 60 % d'entre eux sont en moyenne trouvés infectés par *Oesophagostomum*. Cliniquement 1,3 % de l'ensemble des écoliers et 2,2 % de ceux positifs à la coproculture présentent des tumeurs abdominales palpables. L'incidence de ces lésions est plus élevée en saison des pluies. Aucun de ces enfants ne s'est cependant présenté à l'hôpital. La grande majorité des tumeurs évolue donc de façon bénigne, confirmant les observations de Baeta (KREPEL 1994).

Une petite partie des cas évolue cependant en abcès solitaires sous la paroi abdominale qui crèvent spontanément ou doivent être incisés, laissant alors couler un pus abondant dans lequel on peut retrouver un ver vivant et qui guérissent ensuite sans problèmes (fig. 8). La cause de cette évolution n'est pas claire. Il s'agit probablement de lésions ectopiques fréquemment observées lors des opérations, dont les larves ne peuvent s'échapper et dont une partie évolue en abcès de plus en plus importants. Le rôle d'une éventuelle surinfection n'a pas été étudié. Les tumeurs abdominales isolées, ou Tumeurs de Dapaong au sens limité de P. Storey (STOREY *et al.* 2000b), relèvent probablement d'un processus semblable



Fig. 8. — Abscès de la paroi abdominale par *O. bifurcum* chez un enfant togolais.

où un ver ectopique meurt mais ne peut être évacué, ce qui provoque une importante réaction inflammatoire.

Même si la plupart des infections évoluent de façon bénigne et peuvent actuellement être traitées efficacement, il reste néanmoins qu'elles peuvent engendrer une pathologie non négligeable. En région d'endémie l'œsophagostomiase est une cause de tumeurs ou de plaintes abdominales parmi beaucoup d'autres étiologies, infectieuses, parasitaires, tumorales, etc. La coproculture, si elle est pratiquée, ne donne pas de diagnostic probant, qu'elle soit positive ou négative, à

cause de sa sensibilité insuffisante et de l'omniprésence des infections. Avant l'identification de la cause, la laparotomie et la résection des segments intestinaux lésés étaient pratiquées habituellement dès qu'il y avait des signes de sévérité (S. Baeta, comm. pers.).

P. Storey a étudié les aspects cliniques dans le cadre du projet de janvier 1996 à octobre 1998 à l'hôpital de Nalerigu au Ghana, à 60 km de la frontière avec le Togo, dans la zone endémique. Il s'intéressa particulièrement à la contribution de l'échographie au diagnostic de l'œsophagostomiase symptomatique. Dans cet hôpital, cent cinquante-six cas d'œsophagostomiase humaine furent observés de 1996 à 1998 (34 mois). Il s'agissait de patients des environs immédiats de l'hôpital consultant pour des symptômes abdominaux associés éventuellement à de la fièvre et à des masses abdominales adhérent parfois à la peau et pouvant alors s'accompagner de fistulisation. Ces cas représentent 0,2 % de toutes les consultations. Cinquante patients (32 %) ont été opérés, soit 1 % des urgences chirurgicales majeures. Le diagnostic était basé sur l'anamnèse et la présentation clinique ou sur les données de la laparotomie (STOREY *et al.* 2000b). Ce pourcentage est inférieur à celui de Dapaong.

A Nalerigu l'échographie devint le principal outil de diagnostic dans les seize derniers mois de l'étude (STOREY *et al.* 2000a). Dans un essai de redéfinition de la présentation de la maladie, le vocable «Tumeur de Dapaong» fut réservé à des masses péri ombilicales de 3 à 6 cm généralement uniques, sphériques, lisses et douloureuses. Elles tendent à infiltrer la paroi abdominale et la peau. Les autres cas sont classés comme maladie multinodulaire (STOREY *et al.* 2000b). L'échographie confirma que des symptômes digestifs variés (inappétence, vomissements, diarrhée, amaigrissement, épisodes de subocclusion transitoire, fièvre) étaient en partie dus à l'infection par œsophagostomes, même si une tumeur n'était palpable que dans la moitié des cas. La Tumeur de Dapaong ainsi redéfinie est une présentation de l'enfance, la maladie multinodulaire se rencontrant à tout âge. La relation avec la notion de Tumeur de Dapaong telle qu'interprétée au Togo n'est cependant pas claire.

L'échographie permet un diagnostic spécifique en mettant les lésions pseudokystiques autour des vers subadulents en évidence. Dans certains villages plus de la moitié des habitants s'avèrent porteurs de nodules à l'échographie, soit trois fois plus qu'à l'examen clinique simple et il s'agit probablement encore d'une sous-estimation (STOREY *et al.* 2001b). La technique permet aussi de suivre l'évolution des lésions après administration d'albendazole (STOREY *et al.* 2001a).

Une relation positive entre coproculture et présence de lésions échographiques a été établie au niveau des populations. Au niveau individuel c'est moins le cas, soit que la sensibilité de la coproculture est insuffisante, soit qu'elle ne devient positive qu'après maturation des vers, c.-à.-d. après le maximum de développement des nodules autour des stades larvaires. Les sujets infectés, mais sans plaintes, présentent aussi des lésions caractéristiques à l'échographie. Leur fréquence reste sous-estimée, puisque des lésions de moins de 7 mm n'étaient pas

visibles avec l'appareillage utilisé, sans tenir compte des problèmes dus à la présence de gaz ou des matières fécales. La demi-vie des lésions échographiques en saison sèche est de 3 à 4 mois. Dans une étude au Nord-Ghana 49 % des individus examinés présentent des lésions échographiques au cours de l'année et 2 % de ceux-ci consultent pour des symptômes abdominaux (STOREY *et al.* 2001b).

La relation entre la présence de nodules à l'échographie et de larves à la coproculture a été confirmée au niveau de la population (ZIEM *et al.* 2005b). Si la seconde est positive, on a trois fois plus de chances de trouver des nodules que si elle est négative. La corrélation est moins évidente au niveau individuel dans la mesure où aucune des deux techniques n'est très sensible, même si elles sont spécifiques.

La maladie peut-elle être mortelle? Certains cas vus à l'hôpital de Dapaong avant 1980 étaient dans un état si grave qu'il faut bien admettre qu'il doit y avoir des décès chez ceux qui habitent des villages périphériques et ne parviennent pas à l'hôpital ou y parviennent trop tard. Dans la série de cas opérés à Dapaong par S. Baeta il y avait eu trois décès sur cinquante et une interventions. Dans deux cas (8 et 18 ans) il s'agissait de tumeurs énormes, accompagnées d'amaigrissement avec œdème généralisé des viscères et présence d'ascite à liquide louche, suggérant une surinfection, mais sans confirmation bactériologique. Le troisième décès (4 ans) était dû à des suites post-opératoires sans relation avec la maladie.

Traitement, contrôle et possibilités d'éradication

Les premiers essais de traitement ont eu lieu en 1988. Le but était de traiter autant que possible simultanément les deux helminthiases majeures de la région, œsophagostomiase et ankylostomiase. Cinq anthelminthiques furent initialement testés: albendazole, levamisole, thiabendazole, mebendazole et pamoate de pyrantel. Les résultats furent évalués sur l'évolution des coprocultures. L'albendazole se révéla de loin le plus efficace sur les deux parasites à dose unique de 400 mg et fut par la suite le seul anthelminthique utilisé (KREPEL *et al.* 1993).

Les traitements administrés aux enfants scolarisés cinq jours consécutifs en début de saison sèche sont efficaces mais n'ont pas d'impact sur le développement de lésions nodulaires au début de la saison des pluies suivante et seulement un impact limité (de moitié environ) sur les résultats des coprocultures, si on compare l'évolution à celui du groupe témoin non traité. La disparition rapide des nodules à l'échographie après traitement et l'observation de larves mortes sur des pièces d'opération après administration préalable d'albendazole confirment que le traitement est actif aussi bien sur les larves que sur les vers adultes. De plus, on n'observe pas d'exacerbations de la réaction inflammatoire ou de réactions anaphylactiques, ce qui était craint au début des essais (STOREY *et al.* 2001a).

A partir de 2001, un médecin ghanéen, J. B. Ziem, étudia, dans le cadre du projet, l'impact des traitements de masse en vue d'une possible éradication du

parasite. La prévalence élevée de l'infection, les implications cliniques non négligeables et la grande sensibilité du parasite à l'albendazole justifiaient ces recherches. Le médicament répondait aux critères exigés: prix acceptable, disponibilité, administration aisée, innocuité et activité sur les œsophagostomes, les ankylostomes et aussi sur les filaires lymphatiques. A ce moment, en effet, une campagne d'éradication des filarioses lymphatiques était en cours au nord Ghana. Elle consistait dans l'administration systématique à toute la population de 400 mg d'albendazole et de 10 mg d'ivermectine (microfilaricide). Cette campagne gêna initialement le bon déroulement des études, mais un terrain d'entente finit par être trouvé et actuellement la campagne vise l'éradication des deux helminthiases au Nord-Ghana.

Une première étude confirma l'efficacité à court terme de l'administration d'une dose unique d'albendazole sur des sujets trouvés infectés avec un taux de guérison après 3 à 4 semaines de 98 % pour *Oesophagostomum* et de 51 % pour les ankylostomes (ZIEM *et al.* 2005a).

Après un traitement de masse indiscriminé portant sur un millier de sujets, avec deux doses annuelles d'albendazole durant deux ans, dans une région où respectivement 53 et 87 % de la population étaient initialement infectée par *O. bifurcum* et *N. americanus*, les prévalences étaient tombées à 5,4 % et 36,8 % après douze mois et à 0,8 % et 23,4 % après vingt-quatre mois. Dans la zone témoin non traitée les prévalences avaient au contraire augmenté. Une réduction parallèle dans le nombre de nodules à l'échographie fut observée (ZIEM *et al.* 2006a, 2006d). Le traitement fut alors arrêté et les mêmes sujets furent réexaminés par coproculture et échographie un an après (fig. 9). Cette fois les infections par œsophagostomes avaient complètement disparu, alors que celles par ankylostomes avaient recommencé à augmenter. Les lésions échographiques avaient connu la même régression, avec quelques lésions résiduelles persistantes, peut-être cicatricielles (ZIEM *et al.* 2006c).

Il ne semble donc pas utopique de parvenir à faire disparaître complètement l'infection en stérilisant le réservoir humain, en raison de la limitation apparente du foyer et en l'absence de tout réservoir animal identifié. Ce serait alors un cas unique parmi les multiples helminthiases digestives tropicales. [1]*

Problèmes non résolus

Malgré de nombreuses recherches, le mode de transmission à l'homme n'est toujours pas entièrement élucidé (POLDERMAN & BLOTKAMP 1995). Classiquement l'infection des animaux par les œsophagostomes se fait par voie orale. Les larves des œsophagostomes humains sont d'ailleurs résistantes à un milieu d'acidité

* Le chiffre entre crochets [] renvoie à la note p. 320.

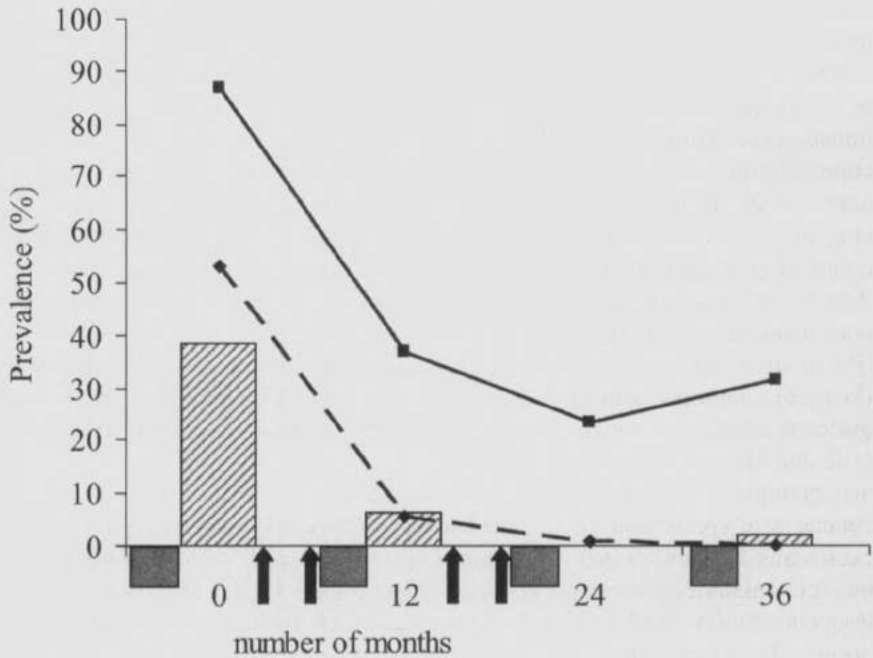


Fig. 9. — Evolution de la prévalence des infections par ankylostomes (trait plein) et par *O. Bifurcum* (trait interrompu) sous l'influence de quatre traitements de masse indiscriminés (flèches) et après l'arrêt des traitements. Les blocs pleins sous la ligne des abscisses montrent les périodes de pluie et de transmission, les blocs arcés au-dessus de la ligne les lésions constatées à l'examen échographique (d'après ZIEM *et al.* 2006).

élevé (PIR *et al.* 2000), et ceci même après dessiccation. Expérimentalement on peut cependant infecter des veaux et des agneaux par voie transcutanée (GERBER 1975). C'est surtout l'association très étroite avec l'ankylostomiase qui a fait penser à la possibilité d'infection transcutanée au Nord-Togo/Ghana. Aucun argument ne confirme cependant cette hypothèse et des essais de pénétration transcutanée à l'homme ont échoué. L'infection par ingestion reste donc probable et il faut admettre que les carences en hygiène sont responsable de l'association avec les ankylostomes, même si le mode d'infection est différent. On retrouve les larves dans le sol des sites de défécation avec celles d'ankylostomes, mais aussi dans le liquide de rinçage de fruits tombés sur le sol p. ex. On ne les a pas retrouvées dans les eaux de boisson ce qui ne les exclut pas comme source de contamination possible. Les porcs pourraient disséminer l'infection, un petit pourcentage de larves étant excrété après ingestion d'œufs, mais leur rôle dans l'élimination des excréments humains pourrait au contraire être un facteur de contrôle (STEENHARDT 2000).

La répartition géographique pose d'autres problèmes. A première vue elle reste limitée au Nord-Togo et au Nord-Ghana. Au Togo p. ex. S. Baeta n'a observé qu'un cas chirurgical d'œsophagostomiase en huit ans d'activité au CHU de Lomé, dans le sud du Togo. Ce cas était originaire du Nord. Comme déjà mentionné, on ne retrouve pas d'infections humaines au sud de la latitude 10°N. Des coprocultures ont été pratiquées dans le centre/sud du Togo chez nonante immigrants venant de la région d'endémie du Nord qui y habitaient en moyenne depuis cinq ans dans un village isolé et d'accès difficile et dans des conditions de milieu, d'habitat et d'alimentation identiques à celles du Nord-Togo. Il y avait autant d'ankylostomiase (58 %) qu'au nord mais seuls trois individus ayant quitté le nord depuis moins de trois ans ont été trouvés infectés par *Oesophagostomum* (PIT *et al.* 1999, YELIFARI *et al.* 2005). Ces constatations sont remarquables. Pourquoi les œsophagostomes de l'homme disparaissent-ils au sud du foyer alors que cette limitation géographique n'existe pas pour les parasites des singes?

D'une façon générale la difficulté du diagnostic, aussi bien parasitologique que clinique, complique la question. La coproculture est une technique peu connue et d'application difficile et les (pseudo)tumeurs abdominales ont des causes très diverses et des chirurgiens moins routinés hésitent peut-être à les opérer. Tout aussi méconnues sont les plaintes digestives en l'absence de tumeur, sur lesquelles Storey a attiré l'attention. L'échographie pourrait apporter ici le diagnostic. On ne peut donc exclure que des foyers endémiques de la maladie humaine, telle qu'elle existe au Nord-Togo/Ghana, puissent exister ailleurs sans avoir été reconnus jusqu'à présent.

Anthony et McAdam ont déjà publié en 1972 une série de trente-quatre cas de pseudotumeurs intestinales causées par des nématodes, observées en cinq ans à Kampala. Ils considèrent que les œsophagostomes en sont la cause principale, mais leur travail n'est pas concluant. Des vers identifiés comme œsophagostomes n'avaient été retrouvés que trois fois et les données anatomopathologiques et helminthologiques présentées ne sont guère compatibles avec ce qu'on observe au Togo/Ghana.

Environ 10 % des cas opératoires rapportés dans la littérature en dehors du foyer du Ghana et du Togo concernaient des expatriés européens ou nord-américains. Si la relation des cas cliniques sérieux avec les infections est semblable à celle dans la population autochtone, il faudrait en conclure que d'assez nombreuses infections par œsophagostomes ne sont pas reconnues en pathologie d'importation ou considérées comme dues à des ankylostomes.

REMERCIEMENTS

L'auteur remercie tout particulièrement le Professeur A. M. Polderman, qui a relu le manuscrit, y a apporté de multiples améliorations et a fait don de documents iconographiques de son laboratoire, e. a. de Madame Corry Blotkamp. Il en est de même pour les Professeurs E. Van Marck, de l'Universiteit Antwerpen, et E. van den Enden, de l'Institut

de Médecine Tropicale, et pour le Docteur Sénamé Baeta. Dirk Schoonbaert et le personnel de la bibliothèque de l'IMT nous ont constamment aidés au cours de l'élaboration de ce travail.

NOTE

- [1] En 2008, A. Polderman, L. van Lieshout, N. Spannbrucker et J. Ziem ont réexaminé un millier d'habitants du Nord-Ghana dans des villages ayant connu antérieurement des prévalences de 30-80 %. Aucune infection ne fut dépistée et les lésions échographiques se limitèrent à de rares cicatrices chez seulement 3 des 700 personnes examinées. Dans ces régions le programme d'élimination des filarioses lymphatiques se poursuit (Polderman comm. pers.).

BIBLIOGRAPHIE

- ANTHONY, P. P. & McADAM, J. W. J. 1972. Helminthic pseudotumours of the bowel: thirty-four cases of helminthoma. — *Gut*, **13**: 8-6.
- BLOTKAMP, J., KREPEL, H., KUMAR, V. S., VAN 'T NOORDENDE, J. M. & POLDERMAN, A. M. 1993. Observations on the morphology of adults and larval stages of *Oesophagostomum* spp. isolated from man in northern Togo. — *J. Helminthology*, **67**: 49-61.
- BOGERS, J. J., STOREY, P. A., FAILE, G., HEWITT, E., YELIFARI, L., POLDERMAN, A. & VAN MARCK, E. A. 2001. Human oesophagostomiasis: a histomorphometric study of 13 new cases in northern Ghana. — *Virchows Arch.*, **439**: 21-26.
- DE GRUIJTER, J. M., GASSER, R. B., POLDERMAN, A. M., ASIGRI, V. & DIJKSHOORN, L. 2005. High resolution DNA fingerprinting by AFLP to study the genetic variation among *Oesophagostomum bifurcum* (Nematoda) from human and non-human primates from Ghana. — *Parasitology*, **130**: 229-237.
- EBERHARD, M. H., KOVACS-NACE, BLOTKAMP, J., VERWEIJ, J. J., ASIGRI, V. A. & POLDERMAN, A. M. 2001. Experimental *Oesophagostomum bifurcum* in Monkeys. — *J. Helminthol.*, **75**: 51-56.
- GERBER, M. M. 1975. Percutaneous infestation of calves and lambs with *Oesophagostomum* spp. — *J. South. Afr. Vet. Ass.*, **46**: 273-275.
- GIGASE, P., BAETA, S., KUMAR, V. & BRANDT, J. 1987. Frequency of Symptomatic human Oesophagostomiasis (Helminthoma) in Northern Togo. — In: GEERTS *et al.* (Eds.), *Helminth Zoonoses*, Martinus Nijhoff Publishers, pp. 228-236.
- HAAF, E. & VAN SOEST, A. H. 1964. Oesophagostomiasis in man in North Ghana. — *Tropical and Geographical Medicine*, **16**: 49-53.
- KREPEL, H. P. 1994. *Oesophagostomum bifurcum* infection in man. — Doctorate thesis Leiden, pp. 136-137.
- KREPEL, H. P., BAETA, S., KOOTSTRA, C. J. & POLDERMAN, A. M. 1995. Reinfection patterns of *Oesophagostomum bifurcum* and hookworm after anthelmintic treatment. — *Trop. Geogr. Med.*, **47**: 160-163.

- KREPEL, H. P., BAETA, S. & POLDERMAN, A. M. 1992. Human *Oesophagostomum* infection in northern Togo and Ghana: epidemiological aspects. — *Ann. Trop. Med. Parasitol.*, **86**: 289-300.
- KREPEL, H. P., HARING, T., BAETA, S. & POLDERMAN, A. M. 1993. Treatment of mixed *Oesophagostomum* and hookworm infection: effect of albendazole, pyrantel pamoate, levamisole and thiabendazole. — *Trans. Royal. Soc. Trop. Med. Hyg.*, **87**: 87-89.
- KREPEL, H. P. & POLDERMAN, A. M. 1992. Egg production of *Oesophagostomum bifurcum*, a locally common parasite of humans in Togo. — *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, **46**: 469-472.
- PIT, D. S., BLOTKAMP, J., POLDERMAN, A. M., BAETA, S. M. & EBERHARD, M. L. 2000. The capacity of the third stage larvae of *Oesophagostomum bifurcum* to survive adverse conditions. — *Ann. Trop. Med. Parasitol.*, **94**: 165-171.
- PIT, D. S., POLDERMAN, A. M., BAETA, S., SCHULZ-KEY, H. & SOBOSLAY, P. T. 2001. Parasite-specific antibody and cellular immunity responses in humans infected with *Necator americanus* and *Oesophagostomum bifurcum*. — *Parasitology Research*, **87**: 722-729.
- PIT, D. S., RIJCKEN, F. E., RASPOORT, E., BAETA, S. & POLDERMAN, A. M. 1999. Geographic distribution and epidemiology of *Oesophagostomum bifurcum* and hookworm infections in humans in Togo. — *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, **61**: 951-955.
- POLDERMAN, A. M. & BLOTKAMP, J. 1995. *Oesophagostomum* Infections in Humans. — *Parasit. today*, **11**: 451-456.
- POLDERMAN, A. M., KREPEL, H. P., BAETA, S., BLOTKAMP, J. & GIGASE, P. 1991. Oesophagostomiasis, a common infection of man in northern Togo and Ghana. — *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, **44**: 336-344.
- RAILLIET, A. & HENRY, A. 1905. Encore un nouveau sclérostomien (*Oesophagostomum brumpti* nov. sp.) parasite de l'homme. — *Comptes Rendus des Séances de la Société de Biologie*, **58**: 643-645.
- STEENHARD, N. R., STOREY, P. A., YELIFARI, L., PIT, D. S., NANSEN, P. & POLDERMAN, A. M. 2000. The role of pigs as transport hosts of the human helminths *Oesophagostomum bifurcum* and *Necator americanus*. — *Acta Trop.*, **76**: 125-130.
- STOREY, P. A., ANEMANA, S., VAN OOSTAYEN, J. A., POLDERMAN, A. M. & MAGNUSSEN, P. 2000a. Ultrasonic diagnosis of clinical oesophagostomiasis: a novel cause of 'target' colonic lesions. — *Br. J. Radiology*, **73**: 328-332.
- STOREY, P. A., BUGRI, S., MAGNUSSEN, P. & POLDERMAN, A. M. 2001a. The effect of albendazole on *Oesophagostomum bifurcum* infection and pathology in children from rural northern Ghana. — *Ann. Trop. Med. Parasitol.*, **95**: 87-95.
- STOREY, P. A., FAILE, G., HEWITT, E., YELIFARI, L., POLDERMAN, A. M. & MAGNUSSEN, P. 2000b. Clinical epidemiology and classification of human oesophagostomiasis. — *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.*, **94**: 177-182.
- STOREY, P. A., SPANNBRÜCKER, N., YELIFARI, L., DERY, G., MAGNUSSEN, P., DOEHRING, E. & POLDERMAN, A. M. 2001b. Ultrasonographic detection and assessment of preclinical *Oesophagostomum bifurcum* induced colonic pathology. — *Clin. Infect. Dis.*, **33**: 166-170.
- STOREY, P. A., STEENHARD, N. R., VAN LIESHOUT, L., ANEMANA, S., MAGNUSSEN, P. & POLDERMAN, A. M. 2001c. Natural progression of *Oesophagostomum bifurcum* pathology and infection in a rural community of northern Ghana. — *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.*, **95**: 295-299.

- VAN LIESHOUT, L., DE GRUIJTER, J. M., ADU-NSIAH, M., HAIZEL, M., VERWEIJ, J. J., BRIENEN, E. A. T., GASSER, R. B. & POLDERMAN, A. M. 2005. *Oesophagostomum bifurcum* in non-human primates is not a potential reservoir for human infection in Ghana. — *Trop. Med. Int. Health*, **10**: 1315-1320.
- VERWEIJ, J. J., PIT, D. S., VAN LIESHOUT, L., BAETA, S. M., DERY, G. D., GASSER, R. B. & POLDERMAN, A. M. 2001. Determining the prevalence of *Oesophagostomum bifurcum* and *Necator americanus* infections using specific PCR amplification of DNA from faecal samples. — *Trop. Med. Int. Health*, **6**: 726-731.
- YELIFARI, L., BLOCH, P., MAGNUSSEN, P., VAN LIESHOUT, L., DERY, G., ANEMANA, S., AGONGO, P. & POLDERMAN, A. M. 2005. Distribution of human *Oesophagostomum bifurcum*, hookworm and *Strongyloides* infections in northern Ghana. — *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.*, **99**: 37-38.
- ZIEM, J. B., KETTENIS, I. M., BAYITA, A., BRIENEN, E. A. T., DITTOH, S., HORTON, J., OLSEN, A., MAGNUSSEN, P. & POLDERMAN, A. M. 2005a. The short-term impact of albendazole treatment on *Oesophagostomum bifurcum* and hookworm infections in northern Ghana. — *Ann. Trop. Med. Parasitol.*, **98**: 385-390.
- ZIEM, J. B., MAGNUSSEN, P., OLSEN, A., HORTON, J., ASIGRI, V. L. L. & POLDERMAN, A. M. 2006a. Impact of repeated mass treatment of human *Oesophagostomum* and hookworm infections in northern Ghana. — *Trop. Med. Int. Health*, **11**: 1764-1772.
- ZIEM, J. B., OLSEN, A., MAGNUSSEN, P., HORTON, J., AGONGO, E., GESKUS, R. B. & POLDERMAN, A. M. 2006b. Distribution and clustering of *Oesophagostomum bifurcum* and hookworm infections in Northern Ghana. — *J. Parasitol.*, **132**: 1-10.
- ZIEM, J. B., OLSEN, A., MAGNUSSEN, P., HORTON, J., SPANNBRUCKER, N., YELIFARI, L., NANA, BIRITWUM, K. & POLDERMAN, A. M. 2006c. Annual mass treatment with albendazole might eliminate human oesophagostomiasis from the endemic focus in northern Ghana. — *Trop. Med. Int. Health*, **11**: 1759-1763.
- ZIEM, J. B., SPANNBRUCKER, N., MAGNUSSEN, P., OLSEN, A., NII-AMON-KOTEY, D., FRENZEL, A., NANG-BEIFUBAH, A., WESTENDORP, G. G. J. & POLDERMAN, A. M. 2005b. *Oesophagostomum bifurcum*-induced nodular pathology in a highly endemic area of Northern Ghana. — *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.*, **99**: 417-422.
- ZIEM, J. B., SPANNBRUCKER, N., OLSEN, A., MAGNUSSEN, P., DIEDEREN, B. M. W., HORTON, J. & POLDERMAN, A. M. 2006d. Mass treatment with albendazole reduces the prevalence and severity of *Oesophagostomum*-induced nodular pathology in northern Ghana. — *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.*, **100**: 760-766.

New Hope to Fill the 'Mesob'* in the Drylands of Ethiopia. Towards Enhanced Sustainable Development through Institutional University Cooperation**

by

Jozef DECKERS***

KEYWORDS. — Sustainable Livelihood; Dryland, Ethiopia; Poverty Alleviation; Development Cooperation.

SUMMARY. — The drylands of Tigray in northern Ethiopia have been the scene of war and recurrent famine for the last decades. During the 1973/74 and 1984/85 famines, the mass media alerted the world of the seriousness of the problem. The previous military 'Derg' government tried to alleviate the situation by resettling the people from Tigray to 'better endowed areas' in South-West Ethiopia. After the fall of the 'Derg' regime, Mekelle University was established in 1995, on the very site of a major army camp overlooking Mekelle town, literally swapping the swords for the plough to contribute to the food security endeavour and to bring peace and culture to war-thorn Tigray and its people. With its faculty of dryland agriculture, Mekelle University undertook the challenge to work with the farmers of the hinterland towards a better future for the area. The idea is to conduct in a participatory manner, practical field research aiming at solving farmers' problems. Furthermore, Mekelle University intends to train students from all over Ethiopia to solve problems, which typically occur in the country's semi-arid areas.

The Flemish Inter-University Council has been supporting this evolution through a number of research projects in the field of soil and water conservation and rehabilitation of dryland forests since 1996. This positive experience has led to further additional collaboration projects, which culminated in an overall comprehensive support programme from the Belgian government to Mekelle University, which started in October 2003. This paper reflects on partnership development and on the results obtained during the first two and a half years of field operations.

TREFWOORDEN. — Duurzaam levensonderhoud; Droogland; Ethiopië; Armoedebestrijding; Ontwikkelingssamenwerking.

SAMENVATTING. — Het droogland van Tigray in Noord Ethiopië is lang het toneel geweest van oorlog en recurrente hongersnood. Het voormalige 'Derg' regime trachtte het

* Mesob is the Food Basket in rural Ethiopia.

** Paper presented at the meeting of the Section of Natural and Medical Sciences held on 22 November, 2005. Publication decision taken on 16 May, 2006. Final text received on 7 April, 2008.

*** Department of Earth and Environmental Sciences, Division Soil and Water Management, Katholieke Universiteit Leuven, Kasteelpark Arenberg 20, bus 2459, B-3001 Heverlee (Belgium).

probleem op te lossen door grootschalige gedwongen volksverhuizingen. Na de val van de 'Derg' regering, werd er op een voormalig militair kamp een universiteit opgericht, een centrum van cultuur, reflectie en hogere opleiding. De bedoeling is de armoede te bestrijden door technologie-ontwikkeling samen met en voor de kleine boeren op het platteland. Deze bijdrage brengt het verhaal van het wetenschappelijk partnerschap tussen Vlaanderen en Mekelle University dat met financiering vanuit de Vlaamse Interuniversitaire Raad tien jaar geleden met bescheiden middelen opgestart is. Nu is dit project uitgegroeid tot een institutionele universitaire samenwerking waaraan vier Vlaamse universiteiten deelnemen.

MOTS-CLES. — Moyens de subsistance durable; Terres arides; Ethiopie; Lutte contre la pauvreté; Coopération au développement.

RESUME. — Les terres arides du Tigré dans le nord de l'Ethiopie ont été longtemps le théâtre de guerres et de famines. Le régime «Dergue» a essayé de résoudre le problème par des migrations forcées à grande échelle. Après la chute de ce gouvernement, l'Université de Mekelle a été fondée, centre culturel de réflexion et de formation supérieure, en lieu et place d'un ex-camp militaire. L'objectif est la lutte contre la pauvreté grâce au développement de technologies appropriées aux paysans locaux et en collaboration avec eux. Cet article retrace l'histoire du partenariat scientifique entre les universités flamandes et l'Université de Mekelle, qui s'est développé progressivement depuis 1996 avec l'aide financière du VLIR-UOS (*Vlaamse Interuniversitaire Raad - Universitaire Ontwikkelingssamenwerking*). Aujourd'hui, ce partenariat a abouti à une coopération institutionnelle entre l'Université de Mekelle et quatre universités flamandes.

1. Background

1.1. ETHIOPIA

Ethiopia (fig. 1) is one of the poorest countries in Sub-Saharan Africa (SSA) with a Gross Domestic Product (GDP) of approximately US\$ 110 per capita (MU-IUC 2003). Of the total population, 46 % are estimated to be below the poverty threshold. The large majority of these live in rural areas. With a total population of about 75 million in 2005 and a population growth rate of 2.9 %, Ethiopia is the second most populous country in SSA. Of these, 85 % live in rural areas and have agriculture as the main source of income. Agriculture also contributes about 50 % of the Gross Domestic Product, about 85 % of the export income, and 70 % of the raw materials for domestic industries. The industrial sector accounts for about 10 % of GDP, 15 % of exports, and employs only 2 % of the labour force.

Two-thirds of the human and livestock population reside in less than half of the Ethiopian highlands, which have rainfall above 700 mm per year. The other one-third of the population lives in the dry lowlands with less than 700 mm of rainfall per year. Dryland farming and pastoralism dominate in these areas. Smallholder farm households are the dominant land users in Ethiopia, with a total of about 9 million farm families located in different agro-ecological zones. These

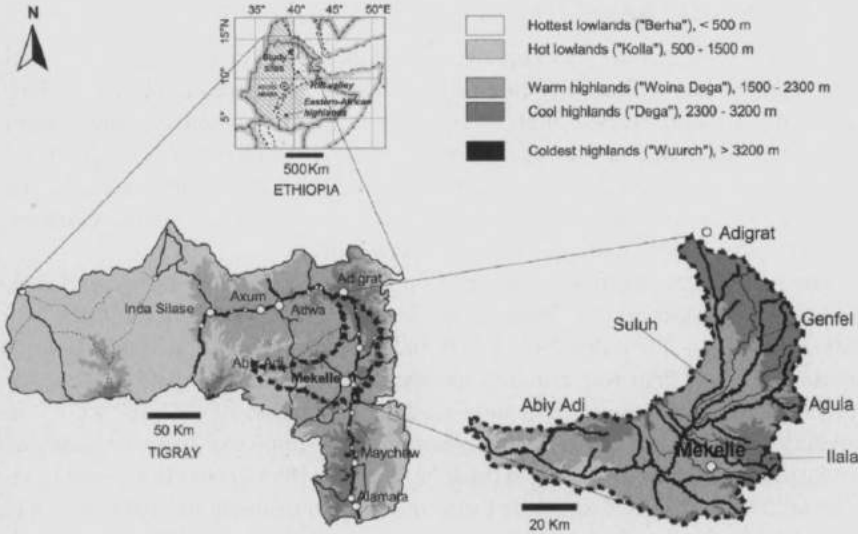


Fig. 1. — Geographical situation of Ethiopia, Tigray and Geba catchment in eastern Tigray (Source: NEYSKENS 2006; cartography R. Aerts; boundaries should not be considered authoritative).

farm households are largely subsistence-oriented and tend to produce only small surpluses for sale. The total annual cultivated area is about 11 million ha giving an average farm size of 1.22 ha cultivated land. Land is distributed in a quite egalitarian way due to the land reform that took place in 1974-75 and with several land redistributions after that. Farm households have only been given the user rights to land, as all land is owned by the state.

The poverty of Ethiopia may be explained by a number of unfortunate circumstances. Erratic rainfall caused severe droughts that caused food insecurity and famines in some years, which were particularly severe in the low potential and drought-prone areas of the country. Population growth, stagnant technology, environmental degradation, a very small non-farm private sector and underdeveloped market structure were other factors that contributed to a fall in human welfare. Feudality lasted till 1974. A top-down communist regime taxed the agricultural sector severely while most of the resources were spent on financing the war that also destroyed much of the country and inhibited development. The regime also prevented market development. Particularly the northern parts of the country suffered from the internal conflicts. With the change in government in 1991, there was a drastic policy change towards a more development-oriented, participatory and market-oriented approach.

1.2. HIGHER EDUCATION IN ETHIOPIA: CHALLENGES AND PROSPECTS

The economic policy of Ethiopia has, since the early 1990s, been Agricultural Development-Led Industrialization (ADLI) based on a market economy. This represents a major change after seventeen years with a command and control economy. ADLI emphasizes agricultural and rural development as a basis for industrial development and the education policy is seen as very central in this strategy. Higher education and universities are therefore seen as important instruments for the achievement of economic development.

Though higher education and training in Ethiopia started over fifty years ago, it remained underdeveloped for quite some period. For a population of over seventy-five million, the enrolment in both public and private higher education institutions is less than two hundred thousand. In 2004, the system as a whole (private and public) enrolled a total student population of 172,522 (77 % in public and 23 % in private and non-governmental institutions). In terms of annual intake, there was an increase from three thousand in 1994 to over thirty-one thousand in 2004. This big leap is the result of the establishment of new public and private institutions and expansion of programmes (TESHOME 2004).

Issues of quality and relevance, as well as equity that mainly revolve around gender and underserved or marginalized regions are seriously confronting higher education development in the country. In addition to these, the research development and publishing capacity and culture of institutions are also severely limited largely due to poor infrastructure, high brain drain and limited resources and inefficiency in the use of available resources. Overall, the challenges that are compounding higher education development in Ethiopia are numerous and complex (UNESCO 1998 in TESHOME 2004).

In recognition of these multiple challenges, the Ethiopian government has introduced several policy and strategy provisions and major re-engineering or reform initiatives (MOE 1997, FDRE 2002). The initiatives are mainly efforts to realign the system in order to contribute more directly to the country's strategy for rapid economic growth and poverty alleviation. Such a reform is necessary to make the system (a) democratic in all its affairs, centering on student learning experiences, (b) more responsive in producing quality graduates and citizens, (c) involve in relevant research that focuses on solving societal problems, and (d) cost-effective and result-oriented in all its undertakings.

Since the development and implementation of specific policies and strategies, as well as the implementation of reform agendas, the number of private higher education institutions has dramatically increased, the recurrent budget and capital budget allocations have more than tripled, and institutions for policy research and quality and relevance assurance and enhancement have been established.

The Education Development Sector Plan 3 (ESDP3) states that the government, in addition to the existing nine public universities, will establish thirteen

new higher learning institutions (HLIs). The intake to government HLIs is expected to reach 111,000 for undergraduate and 26,000 for post-graduate students during the planning period to 2010/11. It is intended that private HLIs intake capacity will increase to 45,000. The plan is also to open new fields of study based on demand and to open more distance-learning programmes, based on an improved ICT infrastructure. Currently, the implementation of the plan has encouraging and huge massification and programme expansion is underway.

The proclamation declaring autonomy and accountability of higher learning institutions has already been ratified. The proclamation also provides an opportunity for block-grant and cost-sharing schemes (FDRE 2003).

1.3. MEKELLE UNIVERSITY IN THE ETHIOPIAN HIGHER EDUCATION LANDSCAPE

After the fall of the 'Derg' regime, the nucleus for Mekelle University was conceived at the very site of a major army camp overlooking Mekelle town, literally swapping the swords for the plough to produce food and to bring peace and culture to war-thorn Tigray and its people. The first lectures were given in 1995 under the so-called Momona tree, *Faidherbia albida* (Del.).

Mekelle University is a merger of two colleges, namely Mekelle University College (MUC) and Mekelle Business College (MBC), which had been established at different times in two different places. Mekelle Business College was established during the struggle period of Ethiopian Peoples Revolutionary Democratic Front (EPRDF), as School of Economics in the liberated areas of Tigray. The school was upgraded into a college in 1991. Mekelle University College (MUC) started its programme in 1993 as College of Dryland Agriculture and Natural Resources 3 km south of Mekelle. In 1995, the college was expanded adding a Faculty of Science and Technology.

In May 2000 the two institutions (MUC and MBC) merged as Mekelle University (MU) and today the university is organized into seven faculties, namely the Faculty of Business and Economics (FBE), the Faculty of Dryland Agriculture and Natural Resources (FDANR), the Faculty of Science and Technology (FST), the Faculty of Law, the Faculty of Education, the Faculty of Veterinary Sciences and the College of Health Sciences.

With its Faculty of Dryland Agriculture, Mekelle University undertook the challenge to work with the farmers of the hinterland towards a better future for the area. The idea was to conduct in a participatory manner, practical field research aiming at solving farmers' problems. Furthermore, Mekelle University was set up to train students from all over Ethiopia to solve problems, which typically occur in the country's semi-arid areas. This has been a great success. Seven years after the start, the institution has grown out to a fully fledged university, providing higher education in 2006 to some 10,000 students (out of which some 50 % female students!) from all corners of the country.

1.4. MISSION STATEMENT OF THE UNIVERSITY: SUMMARIZED IN KEYWORDS

Mekelle University is based upon the educational spirit of the Federal Democratic Republic of Ethiopia. The university was established to harmonize teaching and learning by studying academic theories and methods and their applications as required to develop human culture and to train men of ability with leadership so as to promote prosperity of their community. Mekelle University is dedicated toward the alleviation of the problems of smallholder farmers of the rural poor in the country. The academic atmosphere will contribute to food security and human welfare by generating new technologies promoting environmental friendly production methods. The university adopts "Freedom, Truth and Justice" as its precepts, which signifies that the students are asked to search for profound truth in the university, the house of freedom, and to take the initiative in the realization of justice in a just society. Mekelle University strives to be perceived and recognized as centre of excellence of teaching and research in the country and universally.

1.5. STRATEGIC PLAN OF THE UNIVERSITY

Mekelle University is a very young university. Since its establishment, it has made a tremendous progress. Specific project documents aiming at improving the calibre of its faculties, expanding its programmes, upgrading of facilities and research projects have been produced. A twenty-year strategic plan has been prepared, the essence of which can be summarized as follows:

- Ensuring quality of teaching and research by providing a greater variety of programmes to allow our clients to reach the largest possible market in diploma, first cycle, second cycle and third cycle education;
- Complementing its training services by becoming an active problem-solver and participant in seeking solutions to the huge problems the country is facing by engaging in research and consultancy services;
- Becoming a major conduit for bringing into Ethiopia external expertise essential for development, through a range of partnerships and interuniversity links with carefully selected education and training from elsewhere;
- Giving access to a marginalized society and increasing the enrolment of female students in the country.

1.6. WHY A PARTNERSHIP BETWEEN FLANDERS UNIVERSITIES AND MEKELLE UNIVERSITY?

The President of Mekelle University, Dr Mitiku Haile, studied at Ghent University (ITC programme). After his PhD he returned to Ethiopia and started up Mekelle University.

In 1994/95 Jan Nyssen, then student at Liege University, landed at Mekelle to conduct research for his MSc thesis at Dega Tembien, Tigray. He was welcomed

and supported by Dr Mitiku Haile, then dean of the Mekelle College of Dryland Agriculture and Natural Resources. Jan Nyssen would later continue for his PhD research in Dega Tembien under an FWO-sponsored project between 1998 and 2001 (*cf. supra*).

Dr Mitiku and his team filed a request for more support from Flanders, which resulted in a project with the Fund for Scientific Research-Flanders and three projects from the Flemish Inter-University Council, the so-called VLIR-own-initiative projects (VLIR-OI) (tab. 1).

Table 1

Historical evolution of the Flemish scientific collaboration at Mekelle University

1996-2001	VLIR OI: Soil conservation, coordinated by UGent & K.U.Leuven: Van Ranst, Verplancke, Deckers (VLIR/ABOS 1996)
1998-2001	Desertification – Fund for Scientific Research-Flanders, coordinated by K.U.Leuven & Royal Museum for Central Africa: Moeyersons, Poesen, Deckers (FWO 1998)
2000-2004	VLIR-OI: Forest rehabilitation, coordinated by K.U.Leuven: Muys, Deckers, Hermly (VLIR/ABOS 2000)
2001-2006	VLIR-OI: Fighting desertification, coordinated by K.U.Leuven & Royal Museum for Central Africa: Poesen, Moeyersons, Deckers, Govers (VLIR/ABOS 2001)
2003	VLIR-UOS institutional collaboration (all Flemish universities)

The positive experience with these projects resulted in an overall comprehensive support programme from the Belgian government to Mekelle University, which started in October 2003.

Support to the partnership programme is funnelled through the Flemish Interuniversity Council (VLIR), which aims at a collaboration between Flemish universities and research centres in South countries. The idea of these 'Institutional University Cooperation' partner programmes is to get all Flemish universities under one roof, in collaboration with one university from the South. For the Mekelle case, four Flemish universities support Mekelle University with some fifty Belgian and seventy-five Ethiopian team members for eight projects.

This is a long-term partnership with a ten-year perspective fostering scientific collaboration between the Flemish partners and academic staff of Mekelle University. The ultimate objective of this partnership is to contribute to sustainable livelihood in Tigray region. The project is demand-driven with a major focus on rural communities. It starts from indigenous knowledge and combines this with formal scientific knowledge systems.

1.7. DONOR LANDSCAPE AT MEKELLE UNIVERSITY

At present Flanders is by far the biggest donor at Mekelle University. This collaboration has already resulted into a number of very interesting spin-offs for

Mekelle University. Other international donor countries are: Ireland, The Netherlands, Italy, Spain, Norway, England, Germany, Japan and the USA.

2. The MU-IUC Partnership Programme

Besides support to ICT and library facilities, the project has a major thrust in development-oriented research, to address problems of the hinterland. The basic principle of the research focus is the Sustainable Livelihood Approach (DIFID 1999). The research projects are geared to address the five capitals of the livelihood pentangle: natural, social, financial, physical and human capital. In a first stage, research is carried out at sub-catchment level (*ca* 20 km²), with special attention to upscaling to the Geba catchment (5,200 km²), Tigray and eventually to large parts of Ethiopia and beyond (see fig. 1). The research approach is to start from indigenous knowledge systems at village level which, in combination with knowledge generated by formal science, should lead to sustainable solutions for the complicated research questions of the target area.

The partnership programme comprises activities which can be grouped along three clusters:

- Cluster 1: information technology and library development;
- Cluster 2: institutional management and capacity building;
- Cluster 3: research collaboration.

2.1. INFORMATION TECHNOLOGY AND LIBRARY DEVELOPMENT

Information technology is the cornerstone for university research, teaching and international communication. This cluster comprises two projects:

- Strengthening of ICT use at Mekelle University;
- Upgrading of the university library.

The objective of this project cluster is to plug Mekelle University onto the electronic information highway. Communications at university level have to be streamlined through inter- and intra-campus network connections. The connection to the worldwide web will provide Mekelle University a worthy place in the international scientific community. It will open the scope for consultation of international e-libraries. On campus the automated WEBLIS book rent- and monitoring system opens the way for efficiently serving the growing number of scholars in their search for library information. With the electronic library links (PERI) accessibility to books and journals at Mekelle University has been growing strongly.

2.2. INSTITUTIONAL MANAGEMENT AND CAPACITY BUILDING

An efficient administration and management system is a must for Mekelle University, so as to cope with the rapidly growing student population. The

registry system is now transforming from manually run student registry to a fully-fledged automated registry system. At present the funding geared to this activity is still rather humble; however, in the near future this will become more sizeable. It is also envisioned to fully automate the finance and administration systems.

The objectives are:

- Capacity building of administrative, financial and laboratory personnel;
- Streamlining research and education in the laboratories.

2.3. COLLABORATIVE RESEARCH

The collaborative research comprises six integrated projects with an eye on a contribution to a sustainable livelihood in Geba catchment, which has a surface area of some 5,200 km², which is representative for the major agro-ecological zones of North Ethiopia.

The objectives are:

- Academic objective: university teaching which is supported through socially-relevant research;
- Developmental objective: contribute to poverty alleviation through improvement of sustainable livelihood in Tigray.

The corner stone to the research cluster is the 'sustainable livelihood pentangle' (DIFID 1999). Each of the axes of the sustainable livelihood pentangle represents the key types of capital through which a farmer in the highlands of northern Ethiopia is earning his living.

The research cluster focuses on five important livelihood types of capital:

- **Natural capital:** natural resources (soil, water, vegetation, biodiversity,...)
- **Social capital:** formalized social groupings and their relationships (family relationships, social groups, political power, associations,...)
- **Financial capital:** financial resources, credit and marketing systems, financial transfers,...
- **Physical capital:** farm machinery, farm infrastructure,...
- **Human capital:** farmers' knowledge and skills, health,...

The research projects, which were developed along these capitals, have a special focus on water and soil as both components of the natural capital are rather scarce in North Ethiopia. Several aspects of water are accommodated under three research projects: (1) sustainable water supply in 'Geo-Hydrology', (2) efficient water use in 'More Crop per Drop' and (3) water quality in 'Aquatic ecology'. Soil aspects are covered under 'Land Management'. The human aspects (social and financial capital) surface in the 'Socio-Economy' project. Last but not least, the physical capital is catered for in the 'Farm technology for Vertisol management project'.

2.3.1. *Project 1: Land Management Project*

The land management project studies land degradation and rehabilitation with sediment as core theme. Sediment is the product of soil erosion, which is relatively high in the highlands of Tigray (NYSSEN *et al.* 2004 a,b; NIGUSSIE *et al.* 2006). Sediment production not only means a net loss of production potential of the eroding field, off-site effects may also be dramatic, *e.g.* siltation of downstream water reservoirs. This project aims at establishing a sediment budget for Geba catchment (sediment production, transport and delivery). All aspects of sediment are mapped in Geba catchment, from its source on farmers' field down to the outlet of the watershed. The idea is to come to practical measures for controlling sediment, to minimize on-site and off-site damage. Soil conservation and enclosures play a key role in this.

2.3.1.1. Objectives

- Understanding land degradation and rehabilitation;
- Efficient sediment management for protecting micro-dams.

2.3.2. *Project 2: Geo-Hydrology*

The average annual rainfall ranges between 800 mm in the highlands and 500 mm in the lowlands. As such this is not so little, if it were not that the rainfall is very poorly distributed over the growing season. The consequence is that most rainfall is lost through run-off, and groundwater recharge is rather minimal. This project aims at a better understanding of ground water in Geba catchment: how recharge of ground water takes place and how it moves through the faulted and fractured geological structures of the area (MOEYERSONS *et al.* 2006). How can this knowledge be put to good use by leading to practical recommendations for more efficient rainwater harvesting in the area, *e.g.* by optimizing dam locations.

2.3.2.1. Objectives

- Understanding groundwater recharge, through flow and discharge;
- Guidelines for water harvesting and management.

2.3.3. *Project 3: 'More Crop per Drop'*

Over the last twenty years some seventy micro-dams were constructed by the farmers of Tigray, each of which with a capacity ranging from 0.5 to 3 million m³ water which can be used for irrigation and other uses. Some of these dams have a command area of some 150 ha of fertile Vertisols, on which the main season crop can be optimized with strategic irrigation. On a smaller area, depending on how much water is left in the dam, a high-value vegetable crop can be grown during the dry season. With support of simulation models 'deficit irrigation' is introduced, increasing the net return per drop of irrigation water. In this way it may become possible to have two full crop harvests per year in these irrigation

schemes. To optimize the income of farmers, research is carried out on high-value crops such as vegetables (tomatoes, chick peas, lentils,...), temperate fruits (apples, peaches, cherries,...) or Quality Protein Maize (QPM-maize). The first apple trees were introduced by fathers of the Wukro St. Mary School. Although the trees have a vigorous vegetative growth, fruit setting remains disappointingly low due to desynchronization of the flower buds for lack of winter cold. A number of experiments in nursery and on farmers' homesteads are implemented to address this problem, *e.g.* by testing low-chill varieties, defoliation, induced moisture stress in the winter season, chemical control, etc.

2.3.3.1. Objectives

- Water-saving irrigation;
- High-value crops testing and promotion:
 - Temperate fruits and vegetables;
 - TQuality Protein Maize (QPM).

2.3.4. *Project 4: Aquatic Ecology*

With the construction of micro-dams, the water supply situation has improved substantially. In some villages, however, during some part of the year, the water turns blue-green, yellowish or orange due to algal blooms — comprising potentially toxic cyanobacteria (“blue-green algae”). Another paradox is that most of the lakes are barely used for fish production. The market for tilapia, which was stocked in a number of lakes, is rather limited, as fish has never been on the traditional menu. This project looks into the problem of the trade-off between good water quality and fish as protein source in the human diet. Furthermore, knowledge is built up on dynamics of bacteria, algae, zooplankton and fish in the micro-dams in function of seasonal changes in water chemistry.

2.3.4.1. Objectives

- Safe drinking water for cattle and good quality irrigation water, and more fish for food;
- Understanding the dynamics of bacteria, algae, zooplankton and fish in lakes and ponds in relation to changing water chemistry;
- Document risks of water-borne diseases.

2.3.5. *Project 5: Socio-economics and Anthropology*

The farmer in his environment is the key-study object of the MU-IUC partnership. How can the small farmer and his family survive with an average income of less than 150 euro per year? What are the local coping mechanisms during years of crop failure due to drought or desert locust attack? What are off-farm job opportunities? What are opportunities for rural development credit and which mechanisms dictate the markets? Next to answering these fundamental questions on the social tier of sustainable livelihood, the project aims at understanding the decision-making of the small farmer in the countryside. What are his motives and

driving forces for change? How does he/she perceive the many interventions of the government, of development projects? Is there a way out of the poverty trap?

2.3.5.1. Objectives

- Poverty alleviation and income generation;
- Off-farm employment;
- Financial credit and marketing;
- Enhancing local coping mechanisms.

2.3.6. Project 6: Farm Mechanization

The most important soils for agriculture in Geba catchment are the Vertisols, black soils which become very hard and crack when dry. During the rainy season they swell and suffer from surface ponding. Furthermore, a compacted layer (plough pan) is hampering root growth in these soils, which need to be broken up by adjusting the oxen plough.

Local farmers manage surface water in these Vertisol areas by preparing deeper furrows along the contour with an interval of some 2 m. While enhancing external drainage of the wide beds, surface run-off is not drained out but partly stored in the furrows. The conservation agriculture component starts from this indigenous knowledge and will bring the innovation a step further by introducing permanent beds and furrows with stubble management. Beds and furrows can easily be shaped by the local plough. The tool that needs to be developed is a direct line seeder that can easily be attached to the local plough. In addition, this will alleviate the drudgery of land preparation and require less oxen-power, which is of additional interest for resource-poor (especially female) farmers.

The project started with characterizing and modelling from the local oxen plough, the maresha (SOLOMON *et al.* 2006), which will be transformed through discussion and testing with the farmers.

2.3.6.1. Objectives

- Efficient oxen plough for higher crop yield which breaks open the plough pan;
- Design appropriate on-farm water management for Vertisols;
- Understanding the mechanics of the plough on Vertisols.

2.4. OVERVIEW OF THE PROJECTS AND THE LEADERS IN NORTH AND SOUTH

- '**ICT**': enhancement and optimization of ICT usage (Prof. J. De Sitter, UA; South: Etsegenet Berhe, MU);
- '**Library**': upgrading of library services (Prof. E. De Smet; Ato Mekonnen Tadesse, MU);
- '**More crop per drop**': enhanced crop production through improved irrigation water management and water-saving techniques (Prof. D. Raes, K.U.-Leuven; Dr Fekadu Wondumagegnehe, MU);

- '**Socio-economy**': socio-economic research for sustainable rural livelihood (Prof. E. Tollens, K.U.Leuven; Ato Fredu Nega, MU);
- '**Geo-hydrology**': water resources assessment and management (Prof. H. De Smedt, VUB; Ato Tesfamichael Gebre Yohannes, MU);
- '**Aquatic ecology**': ecological integrity and sustainable management of standing waters (Prof. L. De Meester; Ato Tsehaye Amelash, MU);
- '**Land management**': land degradation and rehabilitation at the scale of the Geba catchment (Prof. J. Poesen, K.U.Leuven; Ato Amanuel Zenebe, MU);
- '**Farm technology**': appropriate farm technology for Vertisol management (Prof. H. Verplancke, UGent and Prof. J. Debaerdemaeker, K.U.Leuven; Ato Solomon Gebregziabher, MU).

3. Conclusions

3.1. REASON FOR OPTIMISM

The MU-IUC partnership with Mekelle University is now three years under way. The first balance looks quite promising. The campuses of the university are interlinked through fibre cables which are plugged into the worldwide web system. Connectivity to the information highway is still slow nationwide in view of the limited bandwidth provided by Ethiopian Telecom, which claims monopoly on the service; however, the situation is improving steadily. The library has evolved from a manually operated system to a web-based book registry, lending and retrieval system. Hence access to books and journals has grown exponentially. The first steps to e-administration are well under way — a trial version of the tailor-made &-version is under test and it is hoped that it will be fully operational at the intake of the next batch of students in September.

The cluster of research projects is throwing off promising results. Proven technologies of integrated watershed management are already under testing by the farmers themselves in a 200 ha catchment near Hagere Selam, in cooperation with a local NGO (NYSSSEN & AMANUEL HADERA 2003). The ingredients for this success are that the whole set of interventions is farmer-centred and starting from indigenous knowledge systems. The multidisciplinary approach and the clear-cut focus on farmer's livelihood will guarantee social relevance of the research effort.

3.2. VLIR-UOS AT MEKELLE – 10TH ANNIVERSARY

VLIR-UOS landed at Mekelle the year after the university was established. The first projects were low-key — the so-called VLIR own initiatives projects with a modest budget, but they had an enormous impact. A number of academicians from Mekelle University were trained to PhD level under these projects and already played a crucial role in the spectacular expansion of the institution over the last decade. Also the impact on farmer's fields from these relatively

small projects should not be underestimated: improved techniques for watershed management, principles for land rehabilitation through forestry; lessons learned from success and failures of soil erosion control measures. Looking back at ten years' university collaboration between Flanders and Mekelle University through VLIR leads to the conclusion that the formula has led to strong win-win situations for both partner institutions. Also the institutional collaboration built on the prelude of several VLIR-own initiative projects with the same institution has guaranteed an overall feeling of mutual trust, strong commitment and profound understanding of each other's culture. It goes beyond stating that all these are ingredients for ensured success and sustainability of the collaboration.

3.3. UNTAPPED OPPORTUNITIES FOR ACADEMICIANS IN NORTH AND SOUTH

People often wonder about what is driving Flemish academicians to devote so much time to developing countries. They are unaware of the fact that in these countries many opportunities for original research remain untapped, which deserve exploration. The big advantage of University Development Cooperation (UOS) is that an enormous pool of motivated experts can be made available to a development sector for which otherwise very little support would be provided. The case of Mekelle University illustrates the important role a university has to play to solve problems of the hinterland — it is at the switch of the way out of the poverty trap. At Mekelle University, some fifty experts from four major Flemish universities are pooling their expertise to work shoulder-on-shoulder with experts of Mekelle University and the farmers of Geba catchment. Thanks to the commitment of VLIR and DGOS to foresee the necessary funding for a time span of ten years, this joint effort must throw off many fruits, not only academic (papers in peer-reviewed journals) but developmental in terms of services provided to society.

3.4. SCIENCE FOR PEACE

In the media, Ethiopia usually is depicted as a country of war and hunger — hence the logical question: is the effort of interuniversity cooperation warranted in these circumstances?

What people tend to forget is that political instability is often rooted in poverty which is resulting from an imbalance in the capitals of sustainable livelihood. With our participative scientific approach in Tigray aiming at alleviating poverty, we are providing a very powerful tool to effectively contribute to the peace process in the horn of Africa.

ACKNOWLEDGEMENTS

The author recognises the contributions of the following people: Mintesinot Behailu, Mitiku Haile, Nurhussen Taha, Etsegenet Berhe, Mekonnen Tadesse, Amanuel Zenebe,

Tesfamichael Gebreyohannes, Fekadu Wondumagegnehe, Tsehaye Asmelash, Fredu Nega, Solomon Gebregziabher (Mekelle University, Tigray, Ethiopia); Tarekegn Tadesse (Arba Minch University, Ethiopia); Jan Nyssen, Jean Poesen, Dirk Raes, Luc De Meester, Eric Tollens, Josse Debaerdemaeker, Bart Muys, Martine Dekoninck (K.U.Leuven, Belgium); Jan De Sitter, Egbert De Smet (University of Antwerp, Belgium); Florimond De Smedt (Free University of Brussels, Belgium); Jan Moeyersons (Royal Museum for Central Africa, Belgium); Hubert Verplancke (Ghent University, Belgium).

REFERENCES

- DIFID 1999. Sustainable Livelihood Guidance sheets. http://www.livelihoods.org/info/guidance_sheets_pdfs/section2.pdf, 26 pp.
- FDRE (Federal Democratic Republic of Ethiopia) 2002. Capacity Building Strategy and Programs. — Addis Ababa, February 2002, 295 pp.
- FDRE (Federal Democratic Republic of Ethiopia) 2003. Higher Education Proclamation No. 351/2003. — Addis Ababa, Negarit Gazette.
- FWO Research Project Document G.0065.98 (1998). Desertification and anthropogenic erosion processes in a tropical mountain catchment: Tigray, Ethiopia.
- Mekelle University 2002. Twenty-year strategic plan of Mekelle University. — Mekelle (Ethiopia).
- MOE (Ministry of Education) 1997. The future directions of higher education. — Addis Ababa, January 1997, 84 pp.
- MOEYERSONS, J., NYSSSEN, J., POESEN, J., DECKERS, J. & MITIKU HAILE 2006. Age and back-fill/overflow stratigraphy of two tufa dams, Tigray Highlands, Ethiopia: Evidence for Late Pleistocene and Holocene wet conditions. — *Palaeoecology, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **230**(1-2):162-178.
- MU-IUC 2003. Project document. — Brussels (Belgium), VLIR.
- NEYSKENS, I. 2006. Assessment of plant nutrient export in Geba catchment (Northern Ethiopia) related to land characteristics. — K.U.Leuven, Faculty of Bioscience Engineering, MSc thesis.
- NIGUSSIE HAREGEWEYN, POESEN, J., NYSSSEN, J., DE WIT, J., MITIKU HAILE, GOVERS, G. & DECKERS, J. 2006. Reservoirs in Tigray: characteristics and sediment deposition problems. *Land Degradation and Development* (in press).
- NYSSSEN, J. 1995. Approche de l'érosion des sols sur les hauts plateaux du Tigré (Ethiopie). Exemple du Dega Tembien. — Université de Liege, Mémoire de licence en Sciences géographiques, 322 pp.
- NYSSSEN, J. & AMANUEL HADERA 2003. The Integrated May Zeg-Zeg Watershed Management Project. Project proposal submitted to Trocaire. — Mekelle, Ethiopian Catholic Church Social and Development Commission of Adigrat and Mekelle University.
- NYSSSEN, J., VEYRET-PICOT, M., POESEN, J., MOEYERSONS, J., MITIKU HAILE, DECKERS, J. & GOVERS, G. 2004a. The effectiveness of loose rock check dams for gully control in Tigray, Northern Ethiopia. — *Soil Use and Management*, **20**: 55-64.
- NYSSSEN, J., POESEN, J., MOEYERSONS, J., DECKERS, J., MITIKU HAILE & LANG, A. 2004b. Human impact on the environment in the Ethiopian and Eritrean Highlands – a state of the art. — *Earth Science Reviews*, **64** (3-4): 273-320.

- SOLOMON GEBREGZIABHER, MOUAZEN, A., VAN BRUSSEL, H., RAMON, H., NYSSSEN, J., VERPLANCKE, H., MINTESINOT BEHAILU, DECKERS, J. & DE BAERDEMAEKER, J. 2006. Animal drawn tillage, the Ethiopian ard plough – *Maresha: A Review*. Soil and Tillage Research (in press).
- TESHOME, Y. 2004. The Status and Challenges of Ethiopian Higher Education System and its Contribution to Development. — *Ethiopian Journal of Higher Education*, 1(1).
- UNESCO (United Nations Educational and Scientific Organization) 1998. Higher Education in the twenty first century: Vision and Action. Framework for priority.
- VLIR/ABOS Project Document 1996. Soil Conservation in Ethiopia, Tigray. — UGent and Mekelle University.
- VLIR/ABOS Project Document 2000. Forest rehabilitation through natural regeneration in Tigray, Ethiopia. — K.U.Leuven and Mekelle University (Ethiopia).
- VLIR/ABOS Project Document 2001. Fighting desertification in the Tigray Highlands, Ethiopia: lessons to be learned from successes and failures of soil erosion control measures. — K.U.Leuven, Africamuseum; Relief Society of Tigray, Mekelle University (Ethiopia).

Klasse voor Technische Wetenschappen

Classe des Sciences techniques

Cassiterite and Columbite-Tantalite (Coltan) Mineralization in the Proterozoic Rocks of the Northern Part of the Kibara Orogen (Central Africa): Preliminary Results*

by

Stijn DEWAELE**, Luc TACK** & Max FERNANDEZ-ALONZO**

KEYWORDS. — Kibara Orogen; Mineralization; Cassiterite; Columbite-Tantalite; Mesoproterozoic.

SUMMARY. — The Central African Kibara orogen extends from the southeastern part of Uganda to the southern part of the Democratic Republic of Congo (DRC). It forms a metallogenic province that hosts different types of granite-related mineralization: cassiterite, columbite-tantalite, wolframite, gold, monazite, amblygonite, beryl, etc. These minerals are present in different types of mineralization. The minerals occur as primary mineralization in quartz veins and pegmatites, but also as secondary mineralization in alluvial or eluvial deposits. In this study, we focus on the metallogeny of the primary tin and columbite-tantalite mineralization in the northern part of the Kibara orogen (Rwanda, Burundi, Uganda, Tanzania, Maniema and Kivu in the DRC). Based on a systematic overview of mining data in the archives of the RMCA, field work, petrography, geochemical, mineralogical and microthermometric investigations of ore and gangue minerals and based on a comparison with recent ore-forming models of granite-related ore deposits, a preliminary metallogenic model is proposed.

The main granite generation G1-3 intruded at 1380 +/- 10 Ma in the Palaeo- and Mesoproterozoic rocks of the Kibara orogen. At ~986 Ma, the youngest G4 granite generation formed. Although historically called "tin"-granite, this granite generation is not mineralized. After consolidation of the G4-granite, pegmatites were emplaced (~960 Ma). Some of these pegmatites are mineralized in columbite-tantalite. At ~940 Ma, cassiterite-mineralized quartz veins formed. In the pegmatite area, this hydrothermal phase resulted in an intense alteration of the pegmatitic bodies.

TREFWOORDEN. — Kibara orogeen; Mineralisaties; Cassiteriet; Niobotantaal; Mesoproterozoïcum.

SAMENVATTING. — *Metalogenese van de cassiteriet en niobotantaal (coltan) mineralisaties in de Mesoproterozoïsche gesteenten in het Kibara orogeen (Centraal-Afrika): voorlopige resultaten.* — Het Centraal-Afrikaanse Kibaragebergte strekt zich uit van het zuidoosten van Oeganda tot het zuiden van de Democratische Republiek Congo (DRC).

* Paper presented at the meeting of the Section of Technical Sciences held on 30 November, 2006. Publication decision taken on 24 May, 2007. Final text received on 3 August, 2007.

** Department of Geology and Mineralogy, Royal Museum for Central Africa, Leuvensesteenweg 13, B-3080 Tervuren (Belgium).

Het vormt een metallogenetische provincie die verschillende types van granietgerelateerde mineralisaties bevat. Deze mineralisaties zijn rijk aan mineralen zoals cassiterite, columbite-tantalite (ook coltan genoemd), wolframiet, goud, monazite, amblygoniet, beryl, enz. Deze mineralen komen voor in verschillende types van mineralisaties. Er zijn primaire mineralisaties in pegmatieten en kwartsaders, maar ook secundaire alluviale en eluviale afzettingen. Tijdens deze studie hebben we ons toegespitst op de primaire tin- en niobotantalmineralisaties in het noordelijke deel van het Kibaraagebergte (Rwanda, Burundi, Tanzania, Oeganda, Kivu en Maniema in de DRC). Op basis van een systematisch overzicht van de mijndata in de archieven van het KMMA, veldwerk, petrografie, mineralogische en microthermometrische studies van zowel erts- als gangmineralen en een vergelijking met recente ertsgenetische modellen van tin en coltanmineralisaties geassocieerd met granieten, wordt een mogelijk metallogenetische model voorgesteld.

De belangrijkste granietgeneratie vormde zich omstreeks 1380 +/- 10 Ma in de Paleoen Mesoproterozoïsche gesteenten van het Kibara orogeen. Omstreeks 986 Ma vormde zich de jongste granietgeneratie. Alhoewel deze generatie historisch de zogenaamde „tin”-granieten genoemd wordt, is ze niet gemineraliseerd. In een volgende fase intrudeerden pegmatieten (~ 960 Ma). De coltanmineralisatie vormde zich samen met de plaatsname van de pegmatieten. Omstreeks ~ 940 Ma vormden zich cassiteriet-gemineraliseerde kwartsaders. In het gebied van de pegmatieten veroorzaakte deze hydrothermale fase een intense alteratie van sommige delen van de pegmatieten.

MOTS-CLES. — Orogène kibarien; Minéralisation; Cassitérite; Columbo-tantalite; Mésoprotérozoïque.

RESUME. — *Etude métallogénique des minéralisations de cassitérite et de columbo-tantalite (coltan) dans les roches mésoprotérozoïques de la chaîne kibarienne (Afrique centrale): résultats préliminaires.* — La chaîne kibarienne s'étend du sud de l'Ouganda jusqu'au sud-est de la République Démocratique du Congo (RDC). Elle couvre une province métallogénique qui contient des minéralisations liées à des granites. Ces minéralisations contiennent différents minéraux: cassitérite, columbo-tantalite; wolframite, or, monazite, amblygonite, béryl, etc. Ces minéraux sont présents en différents types de minéralisations. On distingue des minéralisations primaires, telles les pegmatites et les veines de quartz, mais aussi des minéralisations secondaires, tels les gîtes alluvionnaires et éluvionnaires. Dans cette étude, nous nous focaliserons sur la métallogénie des gisements primaires de l'étain et des columbo-tantalites (coltan). Compte tenu des modèles métallogéniques récents proposés pour les minéralisations de l'étain et des columbo-tantalites associées à des granites, un modèle métallogénique préliminaire est soumis sur base d'une prise en considération systématique des données minières provenant des archives du MRAC, d'études de terrain et de pétrographie ainsi que de travaux minéralogiques et microthermométriques sur les minerais et les minéraux de gangue.

La génération de granite G1-3, qui est la plus importante, s'est mise en place dans les roches paléo et mésoprotérozoïques de la chaîne kibarienne. A ~986 Ma, les granites les plus jeunes se sont formés. Historiquement, ces granites sont appelés granites d'étain, mais en réalité ils ne sont pas minéralisés. Après leur consolidation, ils ont été recoupés par des pegmatites (~960 Ma). Certaines de ces pegmatites sont associées à la minéralisation de columbo-tantalite. Des filons de quartz à cassitérite se sont formés à ~ 940 Ma. Dans la région des pegmatites, cette phase hydrothermale a causé une altération importante des pegmatites.

Introduction

The Central African Kibara orogen extends from Katanga (Democratic Republic of Congo, DRC) in the south to Southern Uganda in the north. It forms a large metallogenic province that contains numerous granite-related ore deposits, which are rich in minerals like cassiterite (SnO_2), columbite-tantalite (also called coltan ($\text{Nb, Ta})_2\text{O}_5$), wolframite ($(\text{Fe, Mn})\text{WO}_4$), beryl ($\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$), spodumene ($\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$), amblygonite (LiAlFPO_4), monazite ($(\text{Ce, La, Y, Th})\text{PO}_4$), gold (Au), etc. These minerals are present in different types of mineralization. They occur as primary mineralization in quartz veins and pegmatites, but also as secondary mineralization in alluvial or eluvial deposits. Historically, the secondary deposits have been especially exploited due to the easier way of extraction.

The granite-related mineralizations in Central Africa are important for several reasons. A first important consequence is the exploitation of the different deposits and the production of metals. If we look at the production of tin for the years 2004 and 2005 (*Mining Journal*), we see that the production of tin by the DRC and Rwanda only makes about 1 % of the total world Sn production (production of China is ~ 40 % of the total world production). However, the increase of tin price in recent years should be taken into account (4,000 US \$/ton in 2001 to 9,000 US \$/ton in 2005). A similar conclusion can be made for the coltan production of the countries in the Central African region (about 5 % of the world production in 2004 and 2005, ~ 30 US \$/kg in 1999 to ~ 220 US \$/kg in 2000). To evaluate these numbers and the metal potential of the countries of Central Africa on a global scale, it should be taken into account that the exploitation of deposits occurs in a non-industrial way by artisanal workers and/or small-scale mining operations and that there is no real insight in the tin and coltan reserves present in these countries. A second important consequence is that the presence and richness of the granite-related ore deposits plays an important role in numerous conflicts in Central Africa, which generates important socio-economic and humanitarian problems. This is, however, not the scope of this contribution.

The aim of this study is to integrate the existing geological data with new observations to construct a metallogenic model for the formation of granite-related cassiterite and coltan deposits in the Kibara orogen. In this contribution, we focus on deposits in the northern part of the Kibara Belt (Rwanda, Burundi and Kivu and Maniema in the DRC), due to an ongoing project by the Royal Museum for Central Africa (RMCA) on the re-evaluation of the mining sector of Rwanda.

Geological Setting

The Kibara orogen formed and evolved between two pre-Mesoproterozoic domains: the Archaean-Palaeoproterozoic Congo craton to the west and the north, and the Archaean- and Palaeoproterozoic Tanzania craton and Bangweulu

Block to the east and the south. The Kibara belt consists of two distinct segments, separated in the DRC by the northwest extension of the Palaeoproterozoic Ubende belt (SW Tanzania) across Lake Tanganyika. The “Northern” (Rwanda, Burundi, Maniema and Kivu in the DRC) and “Southern” (Katanga in the DRC) segments should be viewed as two separate — albeit coeval — orogenic belts (TACK *et al.* 2002). Numerous models exist about the origin of the Mesoproterozoic Kibara belt. The Kibara orogen has been interpreted as a collisional orogeny (KAMPUNZU *et al.* 1986, RUMVEGERI 1991), as an intracratonic orogen with different periods of extension and compression (KLERKX *et al.* 1984, 1987) and as an intracratonic extensional detachment structure, conditioned by strike-slip reactivation of NW-trending shear zones in the Palaeoproterozoic basement (FERNANDEZ-ALONSO & THEUNISSEN 1998).

The northern part of the Kibara orogen consists dominantly of Palaeo- and Mesoproterozoic rocks (fig. 1) that have been intruded by different generations of granites (CAHEN *et al.* 1984). The stratigraphic contact between Mesoproterozoic sedimentary deposits and the underlying Palaeoproterozoic basement, *i.e.* the so-called “Rusizian” basement (CAHEN 1954, LEPERSONNE 1974) has been described in the Itombwe syncline (DRC: LHOEST 1946, SAFIANNIKOFF 1950), but is often difficult to observe due to either a fault contact with a tectono-metamorphic complex or an intrusive contact with Kibaran granites. The Palaeoproterozoic Ruzizi belt is characterized by a poor level of knowledge due to the lack of field and geochronological constraints. Historically, it has been related to the Ubende belt of Tanzania (CAHEN *et al.* 1984), which has been dated between 2100 and 1860 Ma (LENOIR *et al.* 1994). The reported lithologies are extremely variable. The composition in the type area (South Kivu, Rwanda and Burundi) consists of migmatitic gneisses with micaschistes, amphibolites and lenses of coarse-grained quartzites and crystalline limestones and dolomites (LEPERSONNE 1974). In the southern part of Maniema and North Katanga, the lower beds of the Ruzizi consist of a succession of dark schistes, dark quartzophyllades and quartzites with lenses of fine-grained marbles, while the upper beds consist of phyllitic conglomerates, schistes and quartzites. The lower beds grade downwards into sericite schists, chlorite schists, amphibole schists, micaschists, amphibolites and migmatitic gneisses (LEPERSONNE 1974). However, it should be noted that the definition of the Ruzizi belt in Kivu is debatable and that the existence is even questioned (LAVREAU 1985). The Mesoproterozoic rocks consist, in general, of an alternance of quartzites, (quartzo-)phyllades and schistes, with local intercalations of conglomeratic material. Dolomitic lenses are found in the upper part of the stratigraphic section (LEPERSONNE 1984).

The ~1375 Ma bimodal magmatic event (TACK *et al.* 2006 – intrusion of peraluminous S-type granitoids without significant compositional variation with subordinate mafic rocks) is an omnipresent feature in the Kibara fold-and-thrust belt (CAHEN *et al.* 1984; KOKONYANGI *et al.* 2004, 2006). At 1370 Ma, folding is apparently limited and thermal aureoles of contact metamorphism overprint a

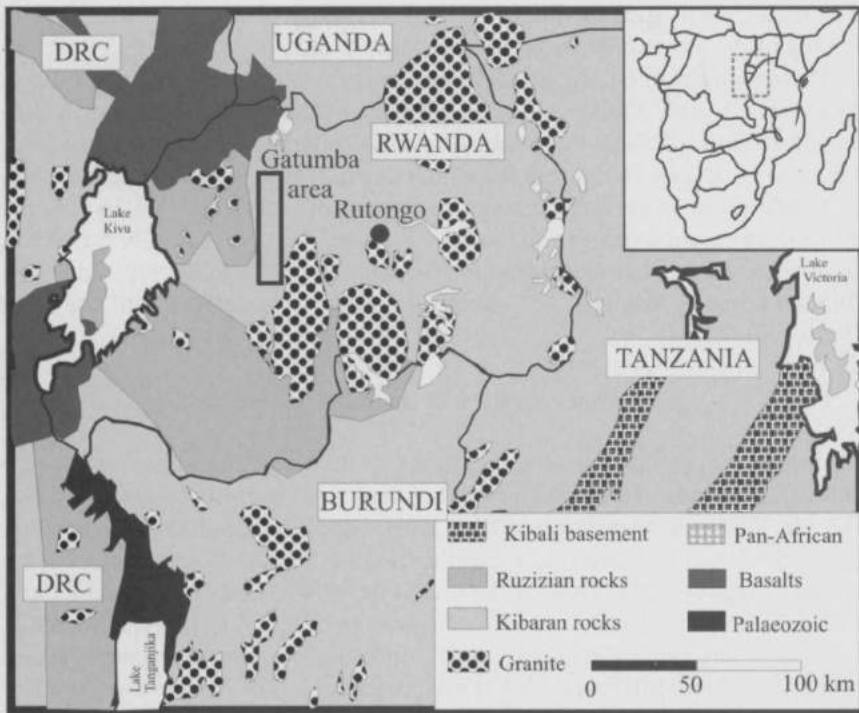


Fig. 1. — Geological map with the location of the main areas discussed in this paper (modified after different sources: LEPERSONNE (1974) and unpublished mining archives SOMIRWA).

pervasive S_1/S_0 metamorphic fabric in the metasedimentary rocks. The S-type granitoids (or 61-63 granites) are porphyritic and may display flow structures, suggesting that they have been emplaced under partially solidified conditions (crystal mush) in large dome-like structures and/or as prominent sheets. Depth of emplacement is inferred to be around 5-10 km (FERNANDEZ-ALONZO *et al.* 1986). Around 1205 Ma, N-S trending shear zones in Burundi are (re)activated and have given rise to the emplacement of small A-type granitoid plutons. This reactivation may have triggered subsidence of (sub)basins. At 986 Ma, the so-called “tin”-granites (or 64 granites) intruded (TACK *et al.* 2006). After the consolidation of this granite generation, pegmatites and quartz veins intruded (VARLAMOFF 1956). The pegmatites and quartz veins are associated with Sn-Nb-Ta-W mineralization. The early Neoproterozoic age of the metallogenic province demonstrates that some 400 Ma separate the “Sn-metallogenic event” from the 1375-1370 Ma bimodal “Kibaran” magmatic event. The history of the origin and emplacement conditions of Sn-granites is poorly constrained. The intrusion in the crust of “tin”-granites could be attributed to the ~ 1.0 Ga compressional regime,

which also resulted in the preferential development of synforms with upright folding of the metasediments and S_2 cleavage (TACK *et al.* 2006).

The structures in the Kibara belt have been reactivated during more recent periods (TACK *et al.* 2002). At 750 Ma, lithosphere scale shear-controlled alkaline complexes formed along the present-day western Rift of which some are associated with carbonatite mineralization (TACK *et al.* 1996). The alkaline complexes testify to an extensional regime, still noticeable at ~ 595 Ma in Burundi (emplacement of bastnaesite and monazite veins). At ~ 550 Ma, a N-S trending compressional event is recognized in Kivu (Itombwe "Synclinorium") and SW Burundi (Tshene, Mikiko, ...). Gold mineralization is associated with this event (TACK *et al.* 2006).

Mineralization in the Kibara Belt

During this contribution we have focused on the cassiterite and columbite-tantalite mineralization in the northern part of the Kibara orogen (Rwanda, Burundi, Uganda, Tanzania, Maniema and Kivu in the DRC). Although many mineralogical and geological studies have been carried out on the mineralization in the Kibara orogen (AGASSIZ 1954; DE KUN 1954, 1959; LEGRAYE 1955; LHOEST 1957; SAFIANNIKOFF 1955; STEENSTRA 1967; VANDENVEN 1959; VARLAMOFF 1948, 1950, 1954abc, 1956, 1961, 1963, 1969, 1975), only few recent metallogenetic studies (POHL 1994, POHL & GUNTHER 1991) have been carried out based on modern laboratory techniques and current metallogenic models of granite-related ore deposits, to explain the formation and origin of mineralization.

CASSITERITE AND COLUMBITE-TANTALITE MINERALIZATION – AERIAL PHOTOGRAPHS

A systematic overview of the different mineral occurrences in Rwanda has been made. Rwanda has been selected as type area due to the availability of different databases on mineral occurrences (BRGM, BAUDIN 1982, report of RMCA for Banque africaine de Développement 2007), detailed exploration and exploitation reports of different mining companies available in the archives of the RMCA and due to recently established geological maps. Detailed data on mineral occurrences was collected and grouped from the archives of the RMCA, *i.e.* more than seven hundred deposits for Rwanda. Aerial photographs have been interpreted to identify geological structures and correlate them with mineral occurrences.

The Rutongo area has been selected as type area for the vein-type mineralization and the Gatumba area as representative for the pegmatite mineralization (fig. 1). The Rutongo area is characterized by cassiterite mineralization (twenty-six out of twenty-seven deposits). In one deposit, tungsten mineralization has been described. The largest group of deposits are the secondary alluvial deposits (twenty-three out of twenty-seven), while only eleven quartz vein mineral occurrences have been described. Some occurrences contain as well primary quartz veins as secondary alluvial deposits. The majority of quartz vein deposits have

been described in the Nyabugogo Formation (ten out of eleven deposits), which is also the case for the secondary deposits (fifteen out of twenty-three deposits). Using unpublished geological maps of the former SOMIRWA (Société Minière du Rwanda), all vein-type mineralization could be linked to a fault.

The Gatumba area is characterized by different pegmatites and some quartz veins, which can be mineralized in cassiterite and/or coltan. The majority of mineralization occurs as primary mineralization in pegmatites (fifty-seven out of sixty-three deposits). By combining the geological map with historical exploration data, it is clear that not all pegmatites are mineralized. In addition, only twelve mineralized quartz veins can be found. Six secondary deposits can be found, which are associated with pegmatites. In mineralized pegmatites, minerals like cassiterite, columbite-tantalite, tungsten, beryl, amblygonite, spodumene, etc. are present (BERTOSSA 1965). Twenty-two out of fifty-seven pegmatites are mineralized in coltan, while all of them contain cassiterite. The quartz veins are mineralized in cassiterite (ten out of twelve veins), while two quartz veins only contain tungsten. No columbite-tantalite has been found in quartz veins. Mineralized pegmatites and mineralized quartz veins dominantly occur in the Uwinka formation and the Satinsyi complex. If we compare the location of mineral occurrences to structural elements on aerial photographs, thirty-five out of forty-eight investigated deposits occur associated with lineaments, which can be interpreted as fractures. Cassiterite mineralization in a pegmatite typically occurs at the intersection of a lineament and the pegmatite.

PETROGRAPHY AND PARAGENESIS

The paragenetic sequence of the cassiterite and columbite-tantalite mineralization has been constructed for the primary mineralization in the Rutongo and Gatumba areas. The coltan and cassiterite mineralization is present in pegmatitic bodies in the Gatumba area. The paragenetic sequence of mineralization in pegmatites in the Kibara orogen has been studied on samples from different isolated pegmatitic bodies (*e.g.* Bijojo, Buranga, Gatumba North and South, Kirengo, Lohanga, Nyamissa Rongi, Shori, Sitwe). Unaltered pegmatite rocks in the Gatumba area dominantly consist of microcline, K-feldspar, quartz and muscovite. The surrounding rocks of pegmatites show an intense alteration. In sedimentary rocks, the alteration dominantly consists of tourmalinization, muscovitization and silicification. If the pegmatites intruded in mafic rocks, biotitization, tourmalinization, silicification and muscovitization occurred. At some locations, the original pegmatite composition has been completely altered. The original K-feldspars have been altered to albite. Coltan minerals are crosscut by veins filled with albite (fig. 2A). Therefore, the coltan precipitation occurred prior to the albitization. Typical pegmatite-related minerals like amblygonite, beryl and spodumene are associated with the unalbitized pegmatites. After albitization, large tourmaline crystals precipitated. The albitized rocks subsequently underwent intense greisenization (fig. 2B), during which feldspars were completely

altered to tiny sericite crystals. These sericite crystals are recrystallized to larger muscovite sheets. Cassiterite mineralization is associated with the greisenization and muscovitization. Tiny cracks in cassiterite and coltan crystals are filled by hematite (fig. 2C).

In the Rutongo area, the emplacement of quartz veins was associated with an intense alteration of the host-rock. Quartz grains in the host-rock are intensively compacted and fractured. Tourmaline and muscovite crystals occur in these fractures. Quartz veins are bordered with a dark-coloured rim of tourmaline (tourmalinization), which passes into dispersed tourmaline and muscovite (fig. 2E) further away from the vein (sericitization, silicification and muscovitization). Cassiterite mineralization does not occur throughout quartz veins, but is concentrated in zones associated with large mica crystals (fig. 2D; *i.e.* the so-called *poches de greisen* in the centre or at the margin of quartz veins. Cassiterite mineralization has been fractured. The fractures have been filled with arsenopyrite, pyrite, chalcopyrite, galena and quartz (fig. 2F). Recent weathering resulted in the formation of hematite and goethite in fractures.

GEOCHEMISTRY

The major and minor element composition of the different generations of granites in the Kibara has been investigated in numerous studies (LEHMANN & LAVREAU 1987, FERNANDEZ-ALONSO *et al.* 1986). These studies were mainly carried out to distinguish differences in geochemical composition between the different possible granite generations (FERNANDEZ-ALONZO *et al.* 1986). However, no systematic variations were observed, except for the so-called 64 granites.

These youngest granites, the so-called "tin"-granites of the northern part of the Kibara belt, are enriched in K_2O and depleted in TiO_2 , MgO , CaO and Fe_2O_3 compared to the major element composition of the average granite (VINOGRADOV 1962). The "tin"-granites are enriched in F, B, Li, Rb, Sn, U, Th and Pb and depleted in Sr, Ba, W, Ta and Nb. These enrichment and depletion trends are typical for granites associated with rare metal mineralization (CERNY *et al.* 2005, PLIMER 1987, STEMPROK 1979). The Kibara granites are depleted in Nb, Ta and W compared to the average granite composition, although coltan and tungsten mineralizations are found in this area. The average tin content of "tin"-granites is ~ 8-9 ppm (with a maximum value of 12 ppm). This concentration is below the minimum concentration typical for a tin-granite, *i.e.* > 15 ppm (CERNY *et al.* 2005, PLIMER 1987, STEMPROK 1979). According to the recent classification of CERNY *et al.* (2005), established for different types of granites associated with mineralization, the latest generation of granites in the Kibara are "parental granite for hydrothermal mineralization" or "parental granite for a rare element pegmatite".

MICROTHERMOMETRY

Doubly polished sections were prepared from cassiterite and quartz crystals from the vein-type mineralization of Rutongo, from quartz crystals from an

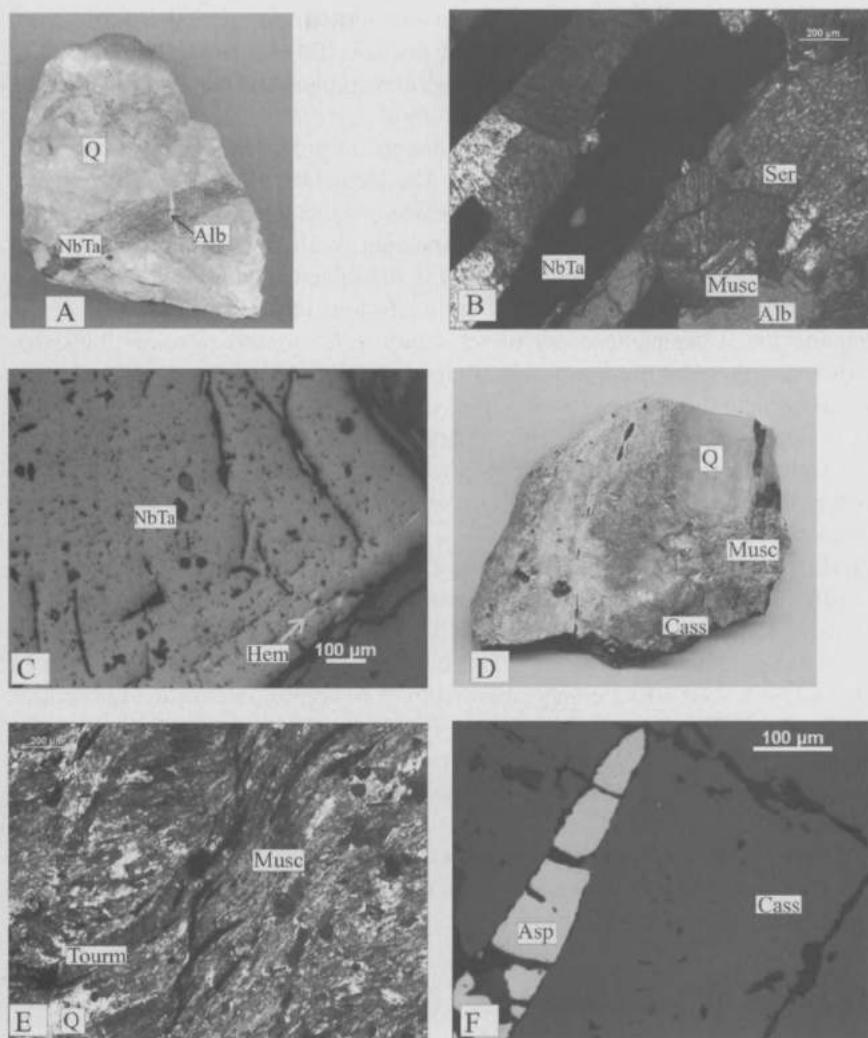


Fig. 2. — A. Photograph of columbite-tantalite mineralization present in quartz core (Q) of the Rongi pegmatite, showing coltan (NbTa) crosscut by vein of albite (Alb). Rock is ~ 10 cm large. B. Photograph showing columbite-tantalite (NbTa) mineralization surrounded by muscovite (Musc) and albitized feldspars (Alb), of which some are altered to sericite (Ser). C. Incident light microphotograph of the columbite-tantalite (NbTa) mineralization, showing inclusions of hematite (Hem), Gatumba. D. Photograph showing cassiterite (Cass) mineralization in quartz vein. Cassiterite is associated with large muscovite (Musc) crystals, Nyamiumba, Rutongo area. Rock is ~ 15 cm large. E. Photograph showing the altered host-rock of a cassiterite-mineralized quartz vein, composed of tourmaline (Tourm), muscovite (Musc) and quartz (Q). F. Incident light microphotograph showing cassiterite (Cass) crystal cut by arsenopyrite, Nyamiumba, Rutongo area. Scale bar is 100 µm.

unmineralized greisen (Rongi) and from cassiterite from mineralized greisen in the Gatumba area for microthermometric analysis (DEWAELE *et al.*, submitted a & b). No fluid inclusions have been studied in the columbite-tantalite crystals due to their non-transparency for transmitted light.

In the vein-type mineralization of Rutongo, no primary fluid inclusions were found in cassiterite and quartz crystals. The inclusions in quartz crystals occur, however, in secondary trails that are oriented towards the mineralization and are possibly representative for the tin-mineralizing fluids. Primary fluid inclusions were observed in the cassiterite crystals in the mineralized greisen and are representative for the ambient fluids. Fluid inclusions in the quartz crystals of the unmineralized pegmatite occur in secondary trails oriented towards feldspars, which are altered into sericite and interpreted as possibly representative for the fluids causing the greisenization.

Fluid inclusions studied in the quartz from the unmineralized greisen are $> 10 \mu\text{m}$ and two-phase (L+V). Fluid inclusions have a $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2\text{-(X)-NaCl-KCl}$ composition (with X as additional gas component, *e.g.* CH_4 , N_2). Final melting temperatures of ice ($T_{\text{m,ice}}$) vary between -19.2 and -10.1 °C and total homogenization temperature ($T_{\text{h,tot}}$) is between 274 and 366 °C. Fluid inclusions in the cassiterite from the mineralized greisen are $< 10\mu\text{m}$ and two-phase (L+V). Primary fluid inclusions have a $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2\text{-(X)-NaCl-KCl}$ composition, a $T_{\text{m,ice}}$ between -18.7 and -8.9 °C and a $T_{\text{h,tot}}$ between 240 and 315 °C. Fluids with an $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2\text{-(X)-NaCl-KCl}$ composition seem to be responsible for the greisenization and the precipitation of cassiterite. Fluid inclusions that are possibly representative as ambient fluid for cassiterite precipitation in quartz veins, have a $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2\text{-(X)-NaCl}$ composition, with $T_{\text{m,ice}}$ between -12.7 and -4.4 °C and with a $T_{\text{h,tot}}$ between 280 ° and 300 °C.

Based on these preliminary microthermometric data, it seems that a similar fluid with a general $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2\text{-NaCl}$ composition caused the greisenization and cassiterite mineralization in pegmatites, but also the cassiterite mineralization in quartz veins.

STABLE ISOTOPE DATA

Seven quartz samples from granites (Buramba, Kasika; d^{18}O of 11.2 and 12.4 ‰ V-SMOW and dD of -79.9 ‰ V-SMOW), pegmatites (Gatumba, Rongi; d^{18}O of 10.0 , 10.8 and 11.8 ‰ V-SMOW and dD between -57.8 and -65 ‰ V-SMOW) and cassiterite-mineralized quartz veins (Rutongo; d^{18}O of 13.5 and 14.0 ‰ V-SMOW and dD of -29.9 ‰ V-SMOW) and two cassiterite samples (Rongi, d^{18}O of 7.2 ‰ V-SMOW; Rutongo, d^{18}O of 6.6 ‰ V-SMOW) have been selected for stable isotope analyses to determine the origin of mineralizing fluids (DEWAELE *et al.* 2007a, b). The d^{18}O value of ambient fluids, responsible for the precipitation of quartz in pegmatites and granite is calculated based on the estimated formation temperatures of pegmatites (550 °C; FRANSOLET 1975) and granites (750 °C; FERNANDEZ-ALONZO *et al.* 1986). The homogenization

temperature of fluid inclusions is used to estimate the precipitation temperature of quartz veins. In a $d^{18}\text{O}$ and $d\text{D}$ plot (fig. 3), the values of quartz from granite G4 and pegmatites lie in the field typical for primary magmatic fluids. The isotopic composition of the fluids responsible for the cassiterite-mineralized quartz veins falls in the field typical for metamorphic waters.

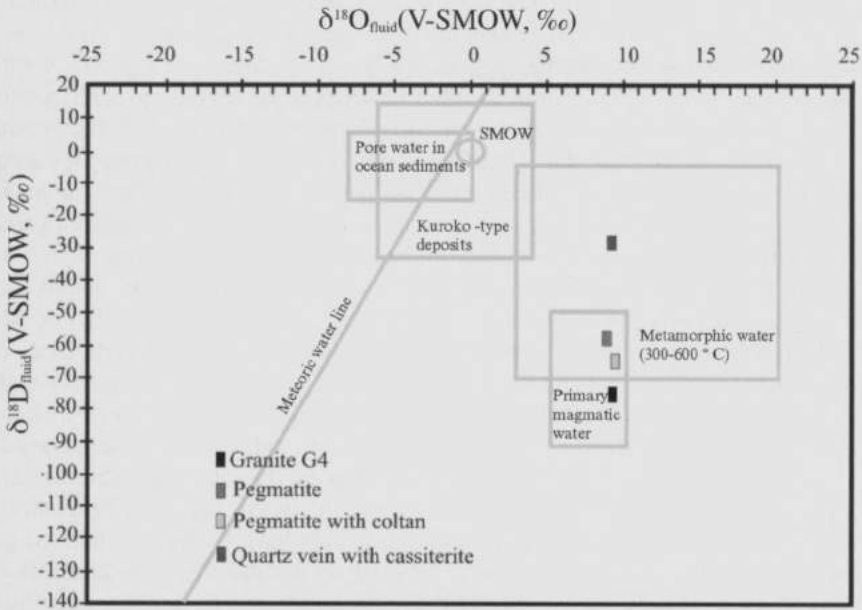


Fig. 3. — Calculated $d^{18}\text{O}$ and $d\text{D}$ values of the fluids responsible for the formation of quartz in the granites, pegmatites and quartz vein with cassiterite (explication of calculation in text). Limits of isotopic fields are modified after OHMOTO (1986) and SHEPPARD (1986).

Discussion and Conclusion

Based on the literature review of the different types and occurrences of mineralization, the analysis of satellite imagery, the petrographic study of mineralized rocks and a microthermometric analysis of fluid inclusions in gangue and ore minerals, a preliminary metallogenic model is proposed for the Sn and Nb-Ta mineralization associated with the granitic rocks in the northern part of the Mesoproterozoic Kibara belt in Rwanda. The geology of the selected study area, the type, paragenesis and occurrence of mineralization is considered representative for the entire northern Kibara belt (Burundi, Rwanda, Kivu and Maniema (in the DRC)). The model proposed demonstrates that different processes were responsible for the formation of coltan and cassiterite mineralization and that the resulting deposits are the result of successive mineralization stages.

In the Kibara orogen, the main granite generation G1-3 intruded at 1380 +/- 10 Ma in the Palaeo- and Mesoproterozoic rocks (fig. 4A). These granites are not associated with mineralization. At 986 +/- 10 Ma, the so-called Kibara "tin"- or 64 granites were emplaced (fig. 4B). These granites show enrichment and depletion trends, which are typical for granites related to granite-related ore deposits. However, geochemical investigation demonstrated that these granites should not really be called "tin"-granite. The Kibara G4 granites should be called "parental" granites for hydrothermal mineralization or for rare-metal pegmatites. After consolidation of this G4 granite, pegmatites were emplaced at 968 +/- 8 Ma (BRINCKMAN *et al.* 2001). Some of these pegmatites are associated with coltan mineralization (fig. 4C). Coltan mineralization has been dated in Burundi at 965 +/- 5 Ma (ROMER & LEHMANN 1995, BRINCKMAN *et al.* 2001), which overlaps with the timing of pegmatite emplacement. This dating confirms the petrographical observation that coltan mineralization is present in altered and non-altered parts of pegmatite bodies and the coltan minerals are crosscut by later alteration phases. The restricted occurrence of coltan to the pegmatites and not to the hydrothermal alteration and quartz veins is due to the very low solubility of Nb and Ta in aqueous solutions and the strong partitioning in melts. Crystallization of columbite-tantalite is more likely from silicate melts than from aqueous fluids (LINNEN 1998). Pegmatites have been subjected to an intense hydrothermal alteration. The original feldspar minerals were intensely albitized. This albitization was followed by the precipitation of large tourmaline crystals (tourmalinization). Feldspars have been subjected to a greisenization, during which feldspars have been altered to sericite minerals. Sericite minerals have been recrystallized to larger muscovite crystals. It is with this latter phase that cassiterite mineralization is associated. The greisenization and the precipitation of cassiterite mineralization occurred from fluids with a H₂O-CO₂-NaCl composition. The greisenization and associated mineralization seems to be located at the intersection of lineaments and pegmatites (fig. 4D). The lineaments/faults could have acted as pathways for the mineralizing/altering fluids.

Cassiterite mineralization in quartz veins is associated with an intense alteration of the host-rock: silicification, tourmalinization, sericitization, muscovitization. Mineralization is associated with a later phase in vein development and occurs in fractures filled with large muscovite crystals (fig. 4D). Cassiterite precipitated from a fluid with a H₂O-CO₂-NaCl composition and a $T_{m_{ice}}$ between -12.7 and -4.4 °C and a $T_{h_{tot}}$ between 280 and 300 °C. The stable isotope composition suggests a metamorphic origin of fluids.

Mineralization in quartz veins cannot directly be related to the mineralization in pegmatites. However, based on a similar fluid composition and on a comparable minimum trapping temperature of fluid inclusions in cassiterite in quartz veins and greisen and based on a similar paragenetic sequence, cassiterite mineralization could be considered contemporaneous in both types of mineralization. The emplacement of the mineralized quartz veins has been dated at 951 +/- 18 Ma in Burundi (BRINCKMAN *et al.* 1984).

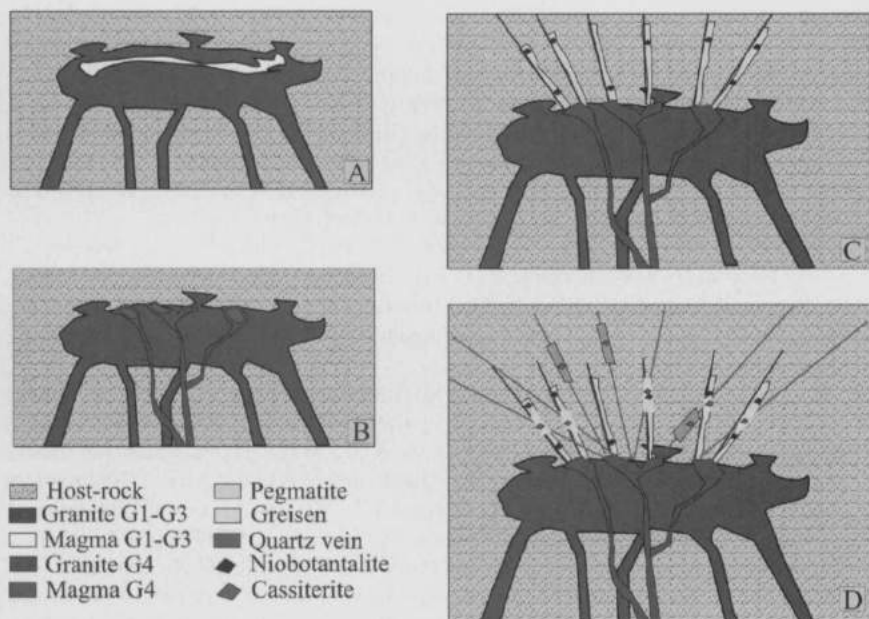


Fig. 4. — Schematic reconstruction of the formation of columbite-tantalite and cassiterite mineralization: A. Emplacement of non-mineralized G1-3 granites. B. Emplacement of the so-called "tin"-granite G4. C. Emplacement of pegmatites and associated coltan mineralization. D. Greisenization, muscovitization of pegmatites and emplacement of quartz veins with associated cassiterite mineralization.

ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank Jean-Claude Defleur and Gilbert Chartry for stimulating discussions on various aspects of the Sn-Nb-Ta ore deposits in the DRC and Rwanda. Herman Nijs and René Boyen kindly prepared the numerous thin and polished sections and the doubly-polished wafers. Two anonymous reviewers are thanked for their comments.

REFERENCES

- AGASSIZ, J. F. 1954. Géologie et pegmatites stannifères de la région Mumba-Numbi, Kivu (Congo belge). — Comité National du Kivu, Nouvelle Série, n° 7.
- BAUDIN, B. 1982. Minéralisations du Rwanda. Tome 1: Notes sur la géologie – Notes sur les minéralisations – Première section de l'inventaire des minéraux. — Université Nationale du Rwanda, Campus universitaire de Butare.

- BERTOSSA, A. 1965. La pegmatite de Buranga. — *Bulletin du Service Géologique*, **2**: 1-5.
- BRINCKMAN, J., LEHMANN, B., HEIN, U., HOHNDORF, A., MUSSALLAM, K., WEISER, T. & TIMM, F. 2001. La géologie et la minéralisation primaire de l'or de la chaîne Kibarienne, Nord-Ouest du Burundi, Afrique orientale. — *Geol. Jahrbuch Reihe*, **D101**.
- Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) 1987. Plan minéral du Rwanda.
- CAHEN, L. 1954. Géologie du Congo Belge. — Liège, Vaillant-Carmanne.
- CAHEN, L., SNELLING, N. J., DELHAL, J., VAIL, J. R., BONHOMME, M. & LEDENT, D. 1984. The geochronology and evolution of Africa. — Oxford, Clarendon Press.
- CERNY, P., BLEVIN, P. L., CUNNEY, M. & LONDON, D. 2005. Granite-related ore deposits. — *In*: HEDENQUIST, J. W., HEDENQUIST, J. F. H., GOLDFARB, R. J. & RICHARDS, J. P. (Eds.), *Economic Geology: One hundredth Anniversary Volume, 1905-2005*, pp. 337-370.
- DE KUN, N. 1954. Les pegmatites du Nord-Lugulu. — *Annales de la Société Géologique de Belgique*, **78**: 27-30.
- DE KUN, N. 1959. Les gisements de cassitérite de de columbo-tantalite du Nord-Lugulu, Kivu, Congo belge. — *Annales de la Société Géologique de Belgique*, **82**: 81-196.
- DEWAELE, S., TACK, L., FERNANDEZ, M., BOYCE, A. & MUCHEZ, P. 2007a. Cassiterite mineralization in vein-type deposits of the Kibara orogen (Central Africa): Nyamiumba (Rutongo area, Rwanda). — *In*: 9th Biennial SGA Meeting. Mineral Exploration and Research: Digging Deeper (20-23 August 2007, Dublin, Ireland), pp. 1007-1010.
- DEWAELE, S., TACK, L., FERNANDEZ, M., BOYCE, A. & MUCHEZ, P. 2007b. Cassiterite and columbite-tantalite mineralisation in pegmatites of the northern part of the Kibara orogen (Central Africa): the Gatumba area (Rwanda). — 9th Biennial SGA Meeting, Mineral Exploration and Research: Digging Deeper (20-23 August 2007, Dublin, Ireland), pp. 1489-1492.
- FERNANDEZ-ALONZO, M., LAVREAU, J. & KLERKX, J. 1986. Geochemistry and geochronology of the Kibaran granites in Burundi, Central Africa: implications for the Kibaran orogeny. — *Chemical Geology*, **57**: 217-234.
- FERNANDEZ-ALONZO, M. & THEUNISSEN, K. 1998. Airborne geophysics and geochemistry provide next insights in the intracontinental evolution of the Mesoproterozoic Kibaran belt (Central Africa). — *Geological Magazine*, **135**: 203-216.
- FRANSOLET, A. M. 1975. Etude minéralogique et pétrologique des phosphates de pegmatites granitiques. — Faculté des Sciences de l'Université de Liège (unpublished PhD thesis).
- KAMPUNZU, A. B., RUMVEGERI, B. T., KAPENDA, D., LUBALA, R. T. & CARON, J. P. H. 1986. Les Kibarides d'Afrique centrale et orientale: une chaîne de collision UNESCO. — *Geology for Development Newsletter*, **5**: 125-137.
- KLERKX, J., LIEGEOIS, J.-P., LAVREAU, J. & THEUNISSEN, K. 1984. Granitoïdes kibariens précoces et tectonique tangentielle au Burundi: magmatisme bimodal lié à une distension crustale. — *In*: KLERKX, J. & MICHOT, J. (Eds), *African Geology*. Volume in honour of L. Cahen. Tervuren, Musée Royal de l'Afrique Centrale, pp. 29-46.
- KLERKX, J., LIEGEOIS, J.-P., LAVREAU, J. & CLAESSENS, W. 1987. Crustal evolution of the northern Kibaran Belt, Eastern and Central Africa. — *In*: KRONER, A. (Ed.), *Proterozoic lithospheric evolution. Geodynamics Series (American Geophysics Union)*, **17**: 217-233.
- KOKONYANGI, J., ARMSTRONG, R., KAMPUNZU, A. B., YOSHIDA, M. & OKUDAIRA, T. 2004. U-Pb zircon geochronology and petrology of granitoids from Mitwaba (Katanga, Congo): implications for the evolution of the Mesoproterozoic Kibaran belt. — *Precambrian Research*, **132**: 79-106.

- KOKONYANGI, J., KAMPUNZU, A. B., ARMSTRONG, R., KAMPUNZU, A. B., YOSHIDA, M., OKUDAIRA, T., ARIMA, M. & NGULUBE, D. A. 2006. The Mesoproterozoic Kibaride belt (Katanga, D.R. Congo). — *Journal of African Earth Sciences*, **46**: 1-35.
- LAVREAU, J. 1985. Le groupe de la Rusizi (Rusizien du Zaïre, Rwanda et Burundi) à la lumière des connaissances actuelles. — Musée Royal de l'Afrique Centrale, Département Géologie et Minéralogie, Rapport annuel 1983-1984, pp. 111-119.
- LEGRAYE, M. 1955. Quelques observations sur les pegmatites de la région de Kabunga (Kivu, Congo belge). — *Annales de la Société Géologique de Belgique*, **78**: 31-40.
- LEHMANN, B. & LAVREAU, J. 1987. Tin granites of the northern Kibaran belt, Central Africa (Kivu/Zaire, Rwanda, Burundi). — In: MATHEIS, G. & SCHANDELMEIER, H. (Eds.), Current research in African earth sciences. Rotterdam, Balkema, pp. 33-36.
- LENOIR, J.-L., LIEGEOIS, J.-P., THEUNISSEN, K. & KLERKX, J. 1994. The Palaeoproterozoic Ubendian shear belt in Tanzania: geochronology and structure. — *Journal of African Earth Sciences*, **19**: 169-184.
- LEPERSONNE, J. 1974. Carte géologique du Zaïre. Département des Mines, République du Zaïre. — Musée Royal de l'Afrique Centrale.
- LHOEST, A. 1946. Une coupe remarquable des couches de base de l'Urundi, dans l'Itombwe (Congo belge). — *Annales de la Société Géologique de Belgique*, **69**: 250-256.
- LHOEST, A. 1957. Les différents types de filons de la concession Somuki à Rutongo. — *Annales de la Société Géologique de Belgique*, **80**: 503-530.
- LINNEN, R. L. 1998. The solubility of Nb-Ta-Zr-Hf-W in granitic melts with Li and Li + F: constraints for mineralization in rare metal granites and pegmatites. — *Economic Geology*, **93**: 1013-1025.
- OHMOTO, H. 1986. Stable isotope geochemistry of ore deposits. — In: VALLEY, J. W., TAYLOR, H. P. & O'NEIL, J. R. (Eds.), Stable isotopes in High Temperature Geological Processes. *Reviews in Mineralogy, Mineralogical Society of America*, **16**: 419-559.
- PLIMER, I. R. 1987. Fundamental parameters for the formation of granite-related tin deposits. — *Geologische Rundschau*, **76**: 23-40.
- POHL, W. 1994. Metallogeny of the northeastern Kibara belt, Central Africa - Recent perspectives. — *Ore Geology Reviews*, **9**: 105-130.
- POHL, W. & GUNTHER, M. A. 1991. The origin of Kibaran (late Mid-Proterozoic) tin, tungsten and gold quartz vein deposits in Central Africa: a fluid inclusion study. — *Mineralium Deposita*, **26**: 51-59.
- ROMER, R. L. & LEHMAN, B. 1995. U-Pb columbite-tantalite age of Neoproterozoic Ta-Nb mineralization in Burundi. — *Economic Geology*, **90**: 2303-2309.
- RUMVEGERI, B. T. 1991. Tectonic significance of Kibaran structures in Central and eastern Africa. — *Journal of African Earth Sciences*, **13**: 267-276.
- SAFIANNIKOFF, A. 1950. Les systèmes de l'Urundi et de la Ruzizi, au Kivu, et les intrusions granitiques. — *Annales de la Société Géologique de Belgique*, **73**: 87-97.
- SAFIANNIKOFF, A. 1955. Classification des pegmatites du Congo belge et du Ruanda-Urundi. — *Annales de la Société Géologique de Belgique*, **78**: 57-70.
- SHEPPARD, S. M. F. 1986. Characterization and isotopic variations in natural waters. — In: VALLEY, J. W., TAYLOR, H. P. & O'NEIL, J. R. (Eds.), Stable isotopes in High Temperature Geological Processes. *Reviews in Mineralogy, Mineralogical Society of America*, **16**: 165-183.

- STEENSTRA, B. 1967. Les pegmatites du Maniema et du Rwanda et les roches de transition entre les aplites et les pegmatites du Maniema. — *Mineralium Deposita*, **2**: 271-285.
- STEMPROK, M. 1979. Mineralized granites and their origin. — *Enisodes*, **3**: 20-24.
- TACK, L., DEBLOND, A., DE PAEPE, P., DUCHESNE, J.-C. & LIEGEOIS, J.-P. 1996. Proterozoic alignments of alkaline plutons revealing lithospheric discontinuities: evidence from Eastern Africa. — *In*: DEMAIFFE, D. (Ed.), *Petrology and Geochemistry of Magmatic Suites of Rocks in the Continental and Oceanic Crusts*. Volume dedicated to Prof. J. Michot. Bruxelles, U.L.B., Tervuren, M.R.A.C., pp. 219-226.
- TACK, L., FERNANDEZ-ALONSO, M., TAHON, A., WINGATE, M. & BARRITT, S. 2002. The "Northeastern Kibaran Belt" (NKB) and its mineralisations reconsidered: New constraints from a revised lithostratigraphy, a GIS-compilation of existing geological maps and a review of recently published as well as unpublished igneous emplacement ages in Burundi. — *In*: 11th Quadrennial IAGOD Symposium and Geocongress (Windhoek (Namibia), 22-26 July 2002).
- TACK, L., FERNANDEZ-ALONSO, M., DE WAELE, B., TAHON, A., DEWAELE, S., BAUDET, D. & CUTTEN, H. 2006. The northeastern Kibaran belt (NKB): A long-lived intraplate history. — Extended Abstract of oral communication submitted to session 1 ("Geodynamics of Africa") of the 21st Colloquium of African Geology (CAG21) at Maputo (Mozambique), 3-5 July 2006.
- VANDENVEN, G. 1959. Etude de la minéralisation du filon stannifère de N'Zombe (Kivu, Congo Belge). — *Annales de la Société Géologique de Belgique*, **82**: 337-349.
- VARLAMOFF, N. 1948. Gisements de cassitérite de la région de Kalima (Maniema, Congo belge). — *Annales de la Société Géologique de Belgique*, **71**: 194-237.
- VARLAMOFF, N. 1950. Granites et minéralisation au Maniema (Congo belge). — *Annales de la Société Géologique de Belgique*, **73**: 111-163.
- VARLAMOFF, N. 1954a. Répartition des types de pegmatites autour de la partie nord-ouest du grand massif granitique de Nyanza. — *Annales de la Société Géologique de Belgique*, **78**: 1-21.
- VARLAMOFF, N. 1954b. Tendances actuelles dans l'étude des pegmatites à travers le monde; revue des travaux sur les pegmatites du Congo belge et du Ruanda-Urundi; proposition d'une classification des pegmatites du Congo belge et du Ruanda-Urundi. — *Annales de la Société Géologique de Belgique*, **76**: 245-267.
- VARLAMOFF, N. 1954c. Transitions entre les aplites et les pegmatites dans les zones de contact des massifs granitiques des concessions de Symétain à Kalima (Maniema, Congo belge). — *Annales de la Société Géologique de Belgique*, **77**: 101-120.
- VARLAMOFF, N. 1956. Transitions entre les pegmatites et les filons de quartz dans les massifs granitiques des régions stannifères du Maniema (Congo belge). — *Annales de la Société Géologique de Belgique*, **79**: 385-403.
- VARLAMOFF, N. 1961. Pegmatites à amblygonite et à spodumène et pegmatites fortement albitisées à spodumène et à cassitérite de la région de Katumba (Ruanda). — *Annales de la Société Géologique de Belgique*, **84**: 257-278.
- VARLAMOFF, N. 1963. Les phénomènes de greisenification, d'albitisation et de lépidolitisation et leurs relations spatiales avec les granit et les pegmatites granitiques d'Afrique. — *Annales de la Société Géologique de Belgique*, **86**: 285-322.
- VARLAMOFF, N. 1969. Transitions entre les filons de quartz et les pegmatites stannifères de la région de Musha-Ntungwa (Ruanda). — *Annales de la Société Géologique de Belgique*, **92**: 193-213.

- VARLAMOFF, N. 1975. Classement des gisements d'étain. — *Mém. Acad. R. Sci. Outre-Mer*, XIX(5), 63 pp.
- VINOGRADOV, A. P. 1962. Average contents of chemical elements in the principal types of igneous rocks of the earth's crust. — *Geochemistry*, 1961: 641-664.

Why is Planet Mars Red?*

by

Roland PAEPE**

KEYWORDS. — Red Soil; Red Colouring/Oxidation; Loose Cover/Sheetflood Deposits; Soil Concept; Regolith; Clay Phyllosilicates; OMEGA Imaging Spectrometry.

SUMMARY. — This question has already been raised by various research teams. The red colouring, as Mars appears in space, reflects the brown-reddish colour of the surface deposits quite often labelled as Red Soil. Oxidation of the Martian surface is one of the most commonly debated possibilities with regard to the loose cover deposits mantling the red planet. Should it, however, be called “soil”? Soil is a pedological concept and stands for pedogenetic development under the biochemical action of water and vegetation. Thus, using the label “soil” at the present stage of studies on planet Mars requires cautiousness. Equally, one can no longer simply apply the label “regolith” as some do. Actually, a number of ‘soil pedogenic elements’, such as clay-phyllosilicates, have been detected on the basis of observations by the OMEGA imaging spectrometer on board of the “ESA Mars Express” spacecraft all over the surface of the planet. On older images of the Viking mission in 1979 traces of ‘red (probably pedological) clays’, appearing amongst debris of desert pavement or under ice/snow covered surfaces, seem to confirm the hypothesis that in the past a red soil existed, which, as a result of destruction and sheet-flood erosion, gave the overall surface deposits of Planet Mars their red colouring.

TREFWOORDEN. — Rode bodem; Rode kleuring/oxidatie; Losse oppervlakte-afzettingen/*sheetflood*; Bodemconcept; Regolith; Kleiige phyllosilicaten; *OMEGA Imaging Spectrometry*.

SAMENVATTING. — *Waarom is de planeet Mars rood?* — Deze vraag werd eerder door verschillende onderzoeksgroepen gesteld. De roodkleuring, zoals Mars in de ruimte optreedt, weerspiegelt de bruinrode kleur van de oppervlakesedimenten, vaak Rode Bodem genoemd. De oxidatie van het oppervlak van Mars is, algemeen beschouwd, één der meest waarschijnlijke oorzaken van de kleuring van de oppervlakedekmantel. Kan men echter van „bodem” spreken? De „bodem” is een pedologisch concept dat betrekking heeft op een bodemontwikkeling te wijten aan de biochemische reactie van water en vegetatie. In het huidige stadium van de Marsstudies moet de connotatie „bodem” dus met omzichtigheid gebruikt worden. Zelfs de term „regolith”, door sommigen uit onzekerheid gebruikt, is niet meer toepasselijk. Inderdaad, de observaties van de „OMEGA imaging

* Paper presented at the meeting of the Section of Technical Sciences held on 29 January, 2008. Text received on 7 April, 2008.

** Member of the Academy; prof. emer. Vrije Universiteit Brussel (Belgium).

spectrometer" aan boord van het „ESA ruimteschip Mars Express" hebben geleid tot de ontdekking van verschillende pedogenetische elementen, zoals kleiphyllsilicaten, verspreid over het ganse oppervlak van Mars. De beelden van de Vikingmissie uit 1979 tonen heel duidelijk het bestaan aan van (vermoedelijk pedologische) rode klei in het puin van het woestijngrind of ook nog op de met sneeuw bedekte Marsoppervlakken die op het vroegere bestaan van een fossiele rode bodem zouden kunnen wijzen. Latere destructie van deze bodemhoudende lagen, gevolgd door erosie en laagsgewijze afzetting, kan aanleiding geweest zijn tot de roodkleuring van de huidige oppervlaktelagen over het ganse Marsoppervlak.

MOTS-CLES. — Sol Rouge; Coloration rouge/oxydation; Dépôts de surface meubles/de ruissellement; Concept du sol; Régolithe; Phyllosilicates argileux; *OMEGA imaging spectrometry*.

RESUME. — *Pourquoi la planète Mars est-elle rouge?* — Cette question a déjà été posée par plusieurs groupes de recherche. La coloration rouge, que Mars laisse apparaître dans l'espace, reflète la couleur brun-rouge des dépôts superficiels souvent dénommés Sol Rouge. L'oxydation de la surface martienne est généralement considérée comme une des causes les plus probables de la coloration du manteau de couverture superficiel. Peut-on cependant parler de «sol»? Le «Sol» est un concept pédologique qui se réfère au développement des sols dû à l'action biochimique de l'eau et de la végétation. Au stade actuel des recherches sur Mars, il convient donc d'utiliser la connotation «sol» avec circonspection. Même le terme «régolithe», que certains emploient par incertitude, n'est plus d'application. En effet, les observations recueillies par le *OMEGA imaging spectrometer* à bord de la navette spatiale «ESA Mars Express», ont conduit à la détection de plusieurs éléments pédogénétiques, tels les phyllosilicates argileux, sur l'entièreté du territoire martien. Les images de la Mission Viking de 1979, révélant des traces d'argile rouge (probablement pédologique) dans les débris du pavement désertique ou encore sur les surfaces couvertes de glace ou de neige, semblent confirmer l'hypothèse de l'existence préalable d'un sol rouge fossile. Il se peut que la destruction ultérieure de ces couches contenant des éléments pédologiques, suivie de leur érosion et de leur ruissellement en nappe, ait donné lieu à la coloration rouge des dépôts superficiels actuels sur toute la surface de la planète Mars.

1. Concerning the Importance of this Issue

Mars is the fourth planet in distance from the sun located in between planet Earth and the Asteroid belt viz. Jupiter. For a few years, a number of hypotheses have been raised in respect to the 'physical nature of the surface' of planet Mars and in particular about its reddish colour.

The brownish-red colour of the sediments is one of them. Actually, the surface of Mars shows deposits similar in aspect to those on planet Earth in subtropical and even in tropical areas. The question then immediately arises whether this colour is related to oxidation processes or to soil development in the pedogenetical sense.

So far most authors have believed that oxidation processes dominantly prevailed on the red planet (BIBRING *et al.* 2007, LEVIN *et al.* 2005) and brought this assumption in relation to the origin of the colouring of Mars surface.

However, as is advocated hereafter, there may be another origin dealing with soil development. Soils in the strict pedological sense as referred to Earth, result from the combined action of water and vegetation under suitable temperature conditions. Such soils contain large amounts of bacterial life; oxidized deposits do not.

Thus, it becomes important to know whether the red surface of Mars contains relicts of soils in the strict pedological sense like *e.g.* podzols, grey brown podzolics or latosols, etc. It is furthermore of utmost importance to answer this question as the presence of relicts of soil developments on planet Mars could imply next to the presence of bacteria, to the combined action of water and vegetation in the past as well.

Are the overall reddish-brown cover deposits on the Martian surface eventually derived from the destruction of such former red soil mantle covering planet Mars which may have interfered with oxidation processes?

A selection of NASA and ESA satellite images have been chosen to illustrate the relevant types of reddish-brown surfaces which form the basis of the present paper. They are reproduced here in black and white but they can easily be reproduced in colour via internet Mars recent images.

2. Significance of Red Soil Sequences and Intermediate Sterile Pale Deposits

Red and reddish-brown soils in the strict pedological sense occur in great abundance both in life and fossil position, on the surface of planet Earth. Continental subtropical and tropical belts are typical reddish surface regions although they are not necessarily composed of a uniform red sediment blanket: sandy red subtropical deposits most usually are displayed in arid and savannah-like regions between 30° viz. 10° N and 30° viz. 10° S latitude in which oxidized reddish windblown cover deposits frequently occur; loamy clayey reddish-brown tropical pedogenic soils then occur predominantly in the narrow equatorial belt between 10° N and 10° S latitude.

It is known that both in the northern and southern hemispheres these climate belts shifted latitudinal position considerably during geological times, more especially during the last 2.6 million years (2.6 Ma) of the Quaternary Period. During these shifts the climate belts either wandered and expanded away from the equator to their respective poles during the warm interglacial phases or returned and were compressed in a narrow zone on both sides of the equator during the cold glacial phases. Approximately 100,000 years were needed to achieve one interglacial/glacial cycle.

Along with these shifts of climate belts on the meridians from poles to equator and back, precipitation and vegetation belts of the Earth moved likewise. These movements/shifts along the meridians also imply that conditions of soil development at one given point of the globe came periodically under changing climate/water/vegetation regimes so that different types of soils could generate at one and the same spot of the globe through time.

Two important conclusions are drawn from the former statements:

- First, it means that in the vertical time-related sedimentary column, at one given place of the Earth, the climatic history over millions of years is indubitably recorded in the soil/sediment sequence at this very spot. Referring to the above-mentioned interglacial / glacial cycle of the climate belt shift, interglacial Red Soils then equally occur every 100,000 years in the stratigraphical column of the Quaternary Period.
- Second, *in situ* interglacial Red Soils, and glacial reworked reddish-brown sediments and sterile pale loose sediments occur in geographically intermingled areas, one next to the other.

It further leads to the conclusion that the occurrence of Red Soils or their relicts, are important benchmarks in time and edaphic position when observed in surface or nearby surface deposits of the Earth. This principle seems applicable to Mars.

3. Different Timelines of Mars and Earth

The timeline of Mars should be briefly discussed here before applying landscape and sediment evidences of planet Earth to Mars (fig. 1). Actually, one should clearly keep in mind that despite striking resemblances in the sedimentary and landscape history between Mars and the Earth, their development tremendously differs in time.

Of the two timelines shown in figure 1 below, only the crater density timeline of CAPLINGER (2007) is discussed for the moment. The mineralogical timeline of BIBRING *et al.* (2007) will be discussed later in the chapter on phyllosilicates.

The crater density timeline on Mars is developed with the same method used in counting density of craters on the Earth's moon in order to determine its age. It then appears that although the evolution of Mars and the Earth both started at 3.8 Ga, landscape development on Mars took place much earlier, at the end of the Noachian (3.8-3.5 Ga). The equivalent features appeared on Earth long after the end of the Precambrian/Proterozoic, at the very end of the following Phanerozoic period (indicated with P on fig. 1) which only started at 0.542 Ga (542.0 Ma). This is more than three billion years later than the end of the Noachian epoch.

The Noachian epoch lasted until 3.5 Ga, and was followed by the Hesperian epoch lasting till 1.8 Ga on Mars. Together they were overlapping the entire

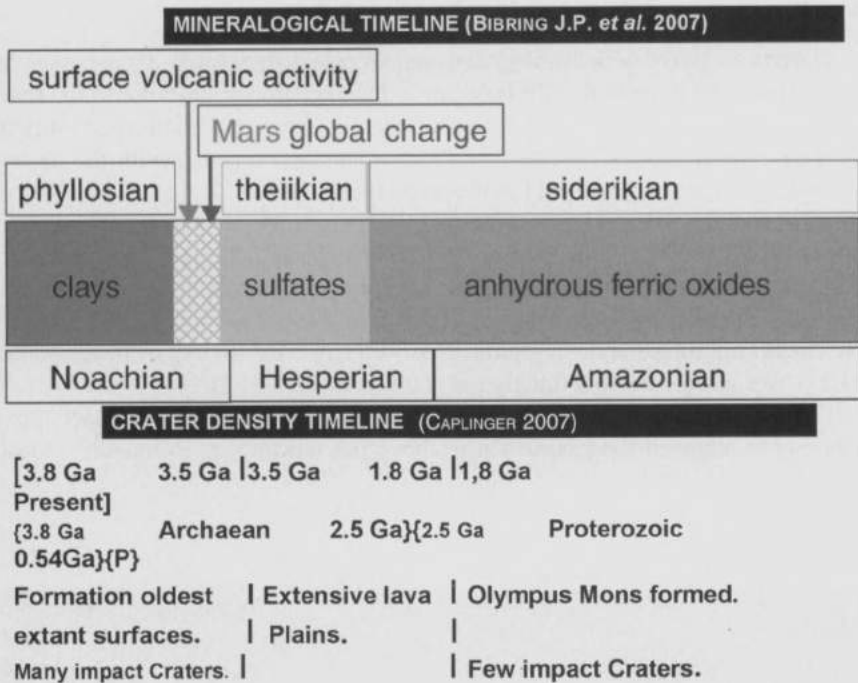


Fig. 1. — Timelines on Mars.

Archaean epoch (3.8-2.5 Ga) on Earth. On Earth the Proterozoic epoch, following on the Archaean epoch (both forming together the Precambrian), started already on the Mars timescale before the end of the Hesperian epoch which itself was followed by the Amazonian epoch, the latter lasting till present, and thus encompassing the entire Proterozoic and the Phanerozoic periods on Earth.

The compared features from Mars with the Earth then occur at the very end of the Caenozoic period (third period after the Palaeozoic and Mesozoic periods of the Phanerozoic epoch). The Caenozoic period covering the last 65.5 Ma, is furthermore subdivided into Palaeogene, Neogene and Quaternary. Ultimately, the studied features on Earth are restricted to the last 0.7 Ma years (700,000 years) of the Quaternary (the latter covering approximately the last 2.6 Ma years).

4. Selected Landscapes on Mars for the Present Study

One of the most striking features in viewing Mars and Earth is the similarity in landscape morphology display of both planets. With regard to the topic of this paper, four landscape equivalents draw our attention.

4.1. DESERT PAVEMENTS ON MARS

Deserts are paved with disintegrated angular blocks in a matrix of coarse sands known as desert pavements. The latter are a disintegration product due to the flattening process of surfaces under cold permanently frozen conditions (permafrost) of which the remaining inselbergs (island-mountains) together with the desert pavements are typical residual landscape tributes.

Similar desert pavements with residual inselbergs seem to exist on Mars as the photo (fig. 2) at the Viking landing site (1979) shows. Although the dominant colour is reddish-brown as most of the Mars surface, photos at the very impact site of Mars show that traces of red soils occur under the snow-covered desert pavement (fig. 3) and under icy surfaces as well (fig. 4). Also impact traces of the Mars rover wheels show definitely red clay traces (figs. 5, 6).

On one of the images (fig. 5), slightly to the left of the wheel impact spur, white-grey removed sand burden just above the red impact, eventually shows



Fig. 2. — Desert pavement on Mars at the NASA Viking landing site (1979).

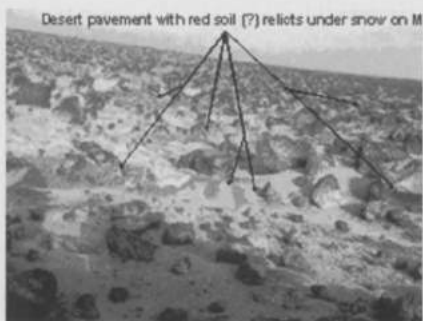


Fig. 3. — Viking landing site.

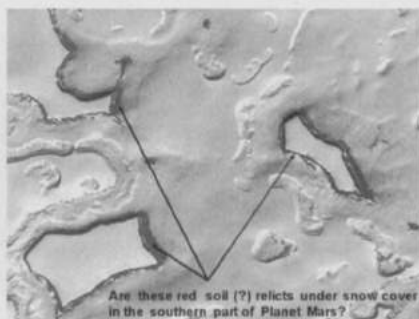


Fig. 4. — Red layers under snow-covered area.



Fig. 5. — Spirit impact traces.

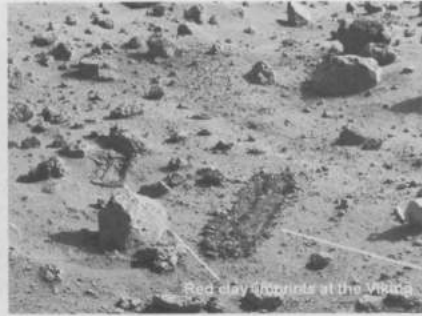


Fig. 6. — Viking landing site.

remnants of a bleached soil A₂-horizon above an enriched red iron-clay B₂-horizon of an impact spur.

4.2. FOSSIL DENDRITIC RIVER PATTERN

The fluvial dendritic system as shown in figure 7 below, would represent, if on Earth (where similar drainage patterns are also found), a long-lasting filling-up basin composed of sheet-flood deposits. This drainage pattern shown on the satellite image reveals the presence of at least three such fan-shaped fluvial systems.

The dendritic fluvial system definitely occurs on top of an uplifted block which has been previously filled up with thick alluvial / sheet-flood deposits of its own sedimentation process.

The whole is affected by several tectonic lines controlling the terminal converging point of each of the dendritic fans and also further downstream, of the sudden end of each drainage system at the edge of the tectonic bluff. Here it disappears in the aggradational plains which point at the fossil stage of the dendritic river pattern.

The angular shape of the main drainage course attests to block faulting, parallel with the rim of the uplifted block, before it is cut through this tectonic bluff towards the aggradational plains at the south of the image.

This Dendritic Martian Valley network occurs in the heavily Noachian cratered uplands. HRSC DEM were studied (ANSAN *et al.* 2007) in three areas (Noachian: Huygens crater and Aeolis region; Hesperian: West Echus Plateau). One higher degree of Strahler's ramification order was found. Valley transverses attest to V-shaped profiles while longitudinal profiles suggest variations in duration of activity. Concavity of profiles is limited in Hesperian valleys whereas it is more developed in the Noachian terrain.

Valley networks were developed via fluvial erosion in wet periods quite different from the cold dry planet as observed today. Two valley-incised areas: Nili fossae region and the volcano Ceraunius Tholus are hereby considered:

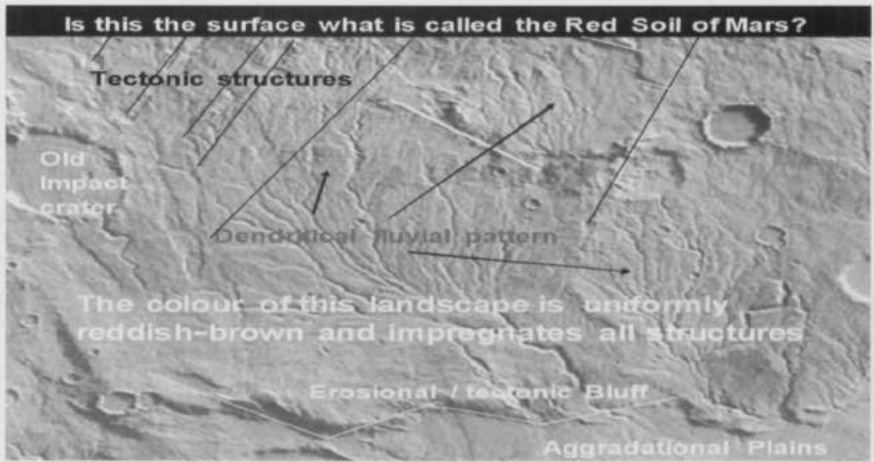


Fig. 7. — Dendritic fluvial system dating from the end of the Noachian epoch.

- Global timing and setting of the dendritic valley system:
 - Most valleys are old, formed by the time of Noachian/Hesperian boundary. Only four locations outside the Martian highland valleys were active in Late Hesperian/Early Amazonian. The latter are due to local conditions.
 - A major shift in environmental conditions occurred about the Noachian/Hesperian boundary: transition global fluvial to local fluvial system.
- The Nili fossae region in the Noachian:
 - Integrated valley network/lake system active in Late Noachian (3.83 / 0.1 Ga);
 - Water was more stable on the surface of Noachian Mars than it is today.
- Valleys on the volcano Ceraunius Tholus:
 - The Hesperian surface of Ceraunius Tholus is incised by numerous small valleys radial to its summit region as well as three large canyons systems;
 - They were last active well after in the Late Hesperian (3.55 / 0.14 Ga) when the majority of valley networks on Mars were active.

Old diffuse craters of generally bigger and larger sizes than the quite smaller well-shaped juvenile craters are scattered around on top of these sheet-flood deposits. However, and quite surprisingly, all are located outside the dendritic fluvial fan systems. It seems to point to a younger age of the ultimate stage of development for the dendritic river pattern.

4.3. MESA-TABLE LANDSCAPE

The mesa landscape on Earth is characterized by isolated mountains (inselbergs) showing a blocky table form surrounded by steep cliffs and a remarkable flat summit. They are isolated relicts of a former dissected plateau by the phys-

ical process of parallel cliff recession under semi-arid conditions starting from a given fissure in the dissected original plateau. The name *Mesa* was first introduced in the area of Madrid in Spain.

In figure 8 the famous mesa landscape of northern Sudan was studied by the present author during the American-Belgian Nubian Monument Campaign in the early sixties of the previous century. The theory of 'Parallel Cliff Recession' as developed by KING (1963), was then checked in the field.

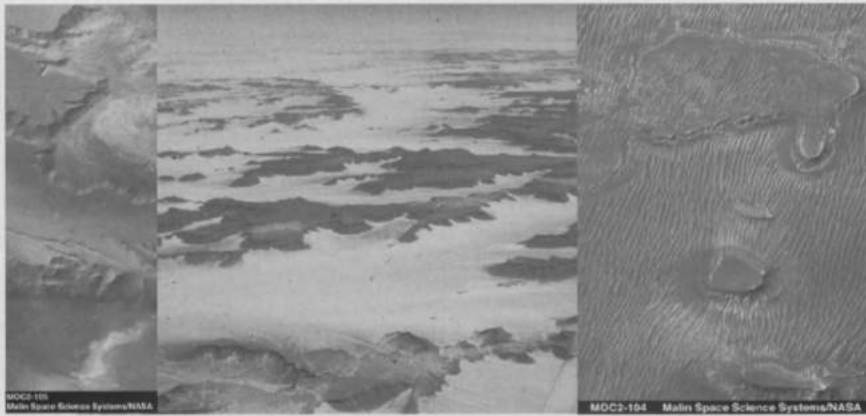


Fig. 8. — Desert mesa landscapes in northern Sudan (centre, photo R. Paeppe) and Mars (left & right).

It could be proven that the talus debris accumulated at the foot of the steep cliff (parallel retreating by thermal erosion/desquamation of the cliff) was removed once in ten or more years by extremely sporadic torrential rainfall showers spreading and filling up the waste by a process of sheet-flood in its own created valley.

4.3.1. About Sheet-flood Deposits

Canyons cut into the plain sediments of the dendritic fluvial systems reveal sheet-flood deposits of an unexpected huge thickness which, moreover, show a persisting red-brownish colour in depth as well (fig. 9).

Does it point to the fact that during deposition of these sediments in the basins they filled up, oxidation continuously went on or is the reddish-brown colour a relict colour from the original sediment viz. red pedological soil which have been eroded and subsequently redeposited in the basin?

As to the steep downcutting into the sheet-flood deposits, this could only have happened (on Earth) by huge amounts of water combined with strong tectonic activity in a short period of time. Both factors are likely to have operated simultaneously on Mars as well in filling up the basin and during its subsequent downcutting.

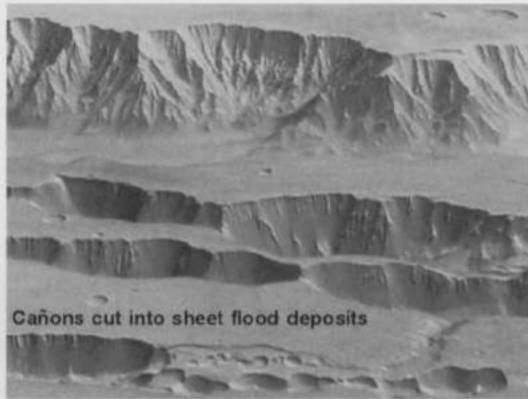


Fig. 9. — Thick sheetflood deposits.

4.3.2. Yardangs

Yardangs as those observed in the Valles Marineris (fig. 10) quite obviously are streaks of a combined water-wind process at the top surfaces of sheet-flood layers.



Fig. 10. — Yardangs.

Dust storms, which today are still frequently raging over the surface of Mars, may also have played a considerable role in the past to build up the reddish-brown sheet-flood deposits. Each dust storm was preceded, before the aggradational process of the sheet-flood deposits started, by a scouring phase at the top of the last depositional surface in which the erosion streaks remained as what is called yardangs.

4.4. POLYGONAL SOILS ON MARS

In the region surrounding the Martian North Pole about 70° N, polygonal soils (fig. 11) were detected in 1990. Their irregular shape attests to the undulating topography below as well as the heterogeneous composition of the sediments in which the polygons developed. Similar polygonal soils frequently occur in permafrost regions of the Earth like Antarctica, Alaska and Canada, and Siberia.

When comparing the Mars permafrost polygons with those in Siberia (fig. 12) the similarity in surface morphology is striking: irregular polygons characterized by raised rims surrounding a central depression (PAEPE *et al.* 2001).

On the Siberian photo (kindly offered by Helena Vorobiova, Academy of Sciences, Moscow) one observes huge ice cones below the depressions in the centre of each polygon. It is very likely Mars polygon depressions are underlain by such ice bodies as well. Sometimes only V-shaped ice-wedge bodies are formed.

4.5. SOLIFLUCTION SOILS

Solifluction or soil creep is another typical process of permafrost regions on Earth. Loose deposits like terraces oversaturated with fossil water ice bodies may cause solifluction when exposed to sun heating (fig. 13).

This happened when inspecting the valley wall of a frozen valley in the Taylor Dry Valleys of Antarctica (fig. 13 right). As soon as the protecting cover of earth debris is removed, sun heat penetrates into the underlying ice-filled body of the terrace and melting starts giving way to landslides and further melting.

Compared to the NASA image, similar processes in an icy terrace valley wall dominating a frozen valley bottom, seem to occur on Mars causing solifluction movements (fig. 13 left).

Only water ice is thought to have inferred with solifluction processes since ice of carbon dioxide would immediately evaporate when exposed. Solifluction phenomena occur along with polygons and ice wedge development.

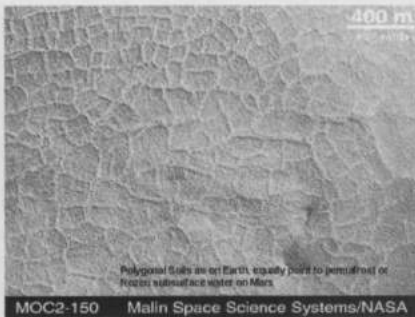


Fig. 11. — Permafrost polygons on Mars.



Fig. 12. — Permafrost polygons on Earth.



Fig. 13. — Solifluction on Earth (right) and on Mars (left).

4.6. RUNNING WATER ON MARS AND POLAR ICE CAPS

Water ice no doubt occurs in many places on planet Mars. In some other places a frozen lake/pond (fig. 14) and even running water (fig. 15) was observed as the following images suggest.

After years of discussions the northern polar ice cap was finally regarded as being composed of H_2O -water. After a long period of hesitation it is now generally accepted that both ice caps at the poles consist of water ice with probably a small amount of carbon dioxide still on the South Pole.

The presence of H_2O -water on Mars, even when in general this planet is still today considered as totally cold and sterile for billions of years, infers that the permanent possibility for creation of life on this planet is still existing.

From the aforementioned, a first series of conclusions may be summarized:

- The genesis of all four landscape and sediment types is involved with the activity of water which no doubt spreads all over the surface of Mars both in the past and today.
- They encompass landscape and sediment processes similar to those on Earth. Special attention should be given to the mesa-table landscape.
- Moreover, if there is running water and sufficiently high temperature, soil development is then likely to be possible.



Fig. 14. — Frozen pond on Mars.



Fig. 15. — Running water today on Mars.

5. Phyllosilicates on Mars

The OMEGA imaging spectrometer aboard the Mars Express spacecraft identified two kinds of hydrated minerals on the Martian surface suggesting two periods of liquid water. The formation of phyllosilicates is compatible with abundant water while the presence of sulfates point to acidic pH in the past. OMEGA stands for *Observatoire pour la Minéralogie, l'Eau, les Glaces et l'Activité*.

Phyllosilicates detected by OMEGA occur mainly in Arabia Terra, Terra Meridiani, Syrtis Major, Nili Fossae and Mawrth Vallis regions.

5.1. THE MINERAL TIMELINE

Based on the discovery of the two OMEGA phyllosilicates, BIBRING *et al.* (2007) worked out a “mineralogical timeline” (see fig. 1). The clays were translated into a Phyllosian epoch, a slightly smaller epoch than the Noachian; the sulfates generated subsequently the Theiikian epoch from the end of the Noachian till three quarters of the Hesperian.

In between the Phyllosian and the Theiikian epochs is a gap of surface volcanic activity and also the point inferring the Mars global change. After the Theiikian came the Siderikian epoch composed of anhydrous ferric oxides; it started at the last quarter of the Hesperian epoch and has extended over the entire Amazonian epoch till present.

5.2. OMEGA IDENTIFYING PEDOLOGICAL / SOIL ELEMENTS ON MARS

Phyllosilicates, or sheet silicates, are an important group of minerals including the clay mineral group: kaolinite, montmorillonite and illite are clays and form a major component of soils in the strict pedological sense on Earth.

OMEGA shows Al-OH and Fe/Mg-OH bearing minerals (MUSTARD 2007) from which two main classes are recognized: Al-phyllosilicates and Fe/Mg-

phyllosilicates. The latter occur in many regions with interlayers of water minerals such as smectite clays.

In soils on Earth, phyllosilicates form in the reddish clay-enriched B₂t-horizon under the bleached A₂-horizon of a soil solum provided there is abundance of water and vegetation. The question that arises here again: was there any vegetation on Mars at the time the phyllosilicates were formed?

5.3. A SOIL STRATIGRAPHIC SEQUENCE OF PHYLLOSILICATES ON THE MARS SURFACE

A soil profile may perhaps be inferred from the description at the outflow channel of Marwth Vallis. Here phyllosilicates are reported by the Bibring group as discrete layers associated with stratigraphy which shows from bottom to top as:

- Dark rough mantle;
- Bright layer with Al-phyllosilicates (A₂-horizon?);
- Brighter, rougher layer (ferrous and hydrated) (transitional horizon?);
- Dark layer with Fe/Mg rich phyllosilicates (B₂t-horizon?).

Quote: "One of the simpler explanations given for the occurrence of the three phyllosilicate-bearing layers is changes in the aqueous chemical and/or depositional environment during the Noachian period such that different phyllosilicate minerals formed and were deposited in layers". For soil scientists this is not a simple explanation.

Actually, whatever the thickness of the sequence (which is not mentioned by the Bibring group), the above description gives an example of a soil sequence, even when very thin (of the order of centimetres or so). The presence of soil horizons implies furthermore that soil/clay weathering should have developed under the aegis of a vegetation cover on Mars. Thin micro-podzols are common features on Earth.

The above confirms that the impact traces shown in figure 5 may have revealed relicts of a huge red soil, the clayey red spur being the clay enriched B₂t-horizon and the removed white greyish uppermost sandy material, the bleached A₂-horizon. This would give an indubitable proof of past vegetation on Mars without which such soil horizons could never have formed.

5.4. THE OMNIPRESENCE OF REDDISH PHYLLOSILICATES ON THE MARS SURFACE

Eventually, it is thus most plausible that red clays/phyllosilicates generated in combination with water and vegetation, to build up red soil horizons all over the surface of Mars.

In the red clays, traces of vegetation may have totally disappeared due to the growing acid nature of soils when getting older, although the soil horizons, no matter if thin or thick, seem to have remained as the single diagnostic evidence that once true soil development existed on Mars. What is remaining are the pedological horizons of the soil sequence: the so-called diagnostic horizons, such as

the red B₂t-horizon and the bleached A₂-horizon. They may be the diagnostic horizons pointing at soil weathering in the past as being the origin of the development of phyllosilicates viz. reddish clays on Mars.

5.5. THE RED COVER DEPOSITS VERSUS RED SOILS AND/OR RELICT SOIL DEPOSITS

Furthermore, a clear distinction should be made between a “red soil covered landscape” and a “reddish coloured pedisediment surface”. The former originated under tropical forest and the latter degraded under desert development and sheet-flood sedimentation thereafter.

Anyhow, both contain relicts of soil elements: either in red soils *in situ* like Latosols, Oxisols, Ferralsols, Laterites; or reworked in pedisediments inheriting the red colouring from the destroyed red soils. This is probably why all the cover deposits look reddish as well, which confirms that phyllosilicates were once developed all over the surface of Mars.

5.6. WATER AND OXIDATION ON MARS

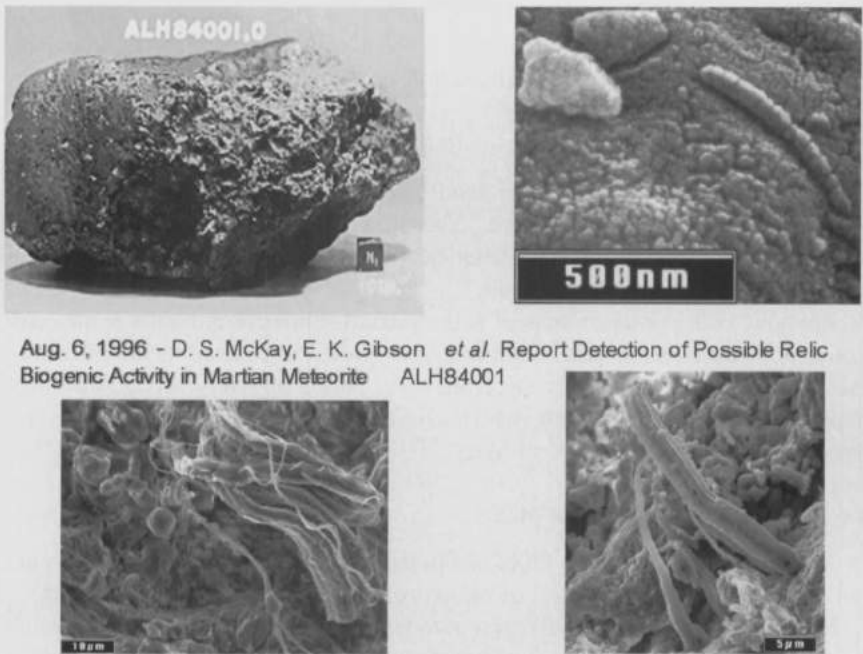
As stated by BIBRING *et al.* (2007) from the ESA OMEGA Group, water would only be bound to remote “eras” of billions of years (Noachian and Hesperian).

However, since water is still present today on Mars it is hereby assumed that it most probably was continuously present on this planet, thus connecting Bibring’s two water eras as the Phyllosian/Noachian and Theikian/Hesperian with the present waterbound era. Otherwise, none of the geological landscaping processes in which water on Mars played a role, could ever have taken place and survived till now.

Another one of Bibring’s statements is that “most of the Mars surface soil has been oxidised into anhydrous ferric oxides in a slow superficial weathering without liquid water playing a major role across the planet” in the Siderikian Era (BIBRING *et al.* 2007). According to Bibring, this oxidation coloured the cover sediments, not water. This oxidation, in Bibring’s statement, would also have excluded life on Mars. LEVIN (2001) accepted that there was oxidation on Mars, however, not to the degree that it could harm development of life on the planet.

5.7. SOILS AND CYANOBACTERIA

Bacteria occur in large amounts in soils on Earth. Both aerobic and anaerobic bacteria occur abundantly in soils so that a great variety of species are shown. Cyanobacteria also induce important biochemical cycles such as the nitrogen-fixation in soils. The occurrence of nitrogen in sediments of Mars may hence be indicative of the presence of a soil and cyanobacteria. As cyanobacteria are time-resistant their origin and the sediments in which they are contained may be far remote in time. Meteorites transported cyanobacteria of Mars over long distances in time and space before they impacted on Earth (fig. 16).



Aug. 6, 1996 - D. S. McKay, E. K. Gibson *et al.* Report Detection of Possible Relic Biogenic Activity in Martian Meteorite ALH84001

1998: Mineralized remains of Cyanobacteria in the Murchison Meteorite

Fig. 16. — Left upper corner: meteorite ALH84001,0; right upper corner: possible biogenic relics; left and right lower corners: remains of cyanobacteria in the Murchison meteorite.

In this light the recent discovery by LEVIN (2007) of *Gillevinia straata* as the first extraterrestrial nomenclated living form ever, is very promising for future studies in astrobiology.

Bibring's conclusion (2007) stating on basis of the presence/development of phyllosilicates, that "Life on Mars" could only have been possible in the Early Noachian, seems thus a rather strong limiting restriction as to age.

5.8. REGOLITH

Connotations like "soil" should henceforth be used with due care as they simply deny, most often without any further comment, the existence of pedogenic/pedological soil development which eventually could be a proof of life on Mars as was advocated before.

Number of investigators just bluntly use the name regolith (in Greek: blanket of rocks) without any bias to any kind of sedimentary evolution. J. P. Merrill in 1897 first introduced the name 'regolith' for the entire mantle of unconsolidated rocks on Earth. In the light of the aforementioned, this name should be totally abandoned with regard to the major part of the sediments on Mars.

5.9. A VERY LAST POINT: GLOBAL WARMING ON MARS

Actually, after computation of cyclicities in sediment patterns of Mars, PÆPE *et al.* (2001, 2002) suggested that global warming was active on Mars. They found the cyclicities to be identical to those on Earth while changing of warm and cold periods likely kept pace with each other on both planets.

During warm periods “soils” could form. Climate conditions as those evidenced by Pathfinder pointing to 20 °C offer “strong evidence for diurnal presence of liquid water” according to LEVIN (2007).

Since the warming revealed today at the surface of Mars by melting permafrost and running water everywhere on the planet’s surface, a global warming process on Mars identical to the one on Earth, seems the most plausible explanation.

However, the recent NASA statement of global warming on Mars to be different in origin from that on Earth seems to be in contradiction with the synchronous cyclicities that have been experienced on other solar planets like Venus. Not only diurnal changes occurred but different types of long-term changes as well.

6. Final Conclusions

- Water, appropriate temperature and loose sediments are abundantly present on Mars to create soil development on this planet;
- Red soil clay relicts infer a possibly existing vegetation once which was necessary to enhance pedogenesis;
- Planet Mars is warming up today most plausibly in pace with planet Earth and similar causes in the Solar System.

REFERENCES

- ANSAN, V. *et al.* 2007. Topography of valley networks on Mars from HRSC Digital Elevation Models. — *In: European Mars Science & Exploration Conference: Mars Express and Exomars (ESTEC, Noordwijk, 12-16 Nov. 2007).*
- BIBRING, J.-P. & the OMEGA team 2007. The Mars evolution, at all timescales, as derived from the OMEGA hyperspectral data. — Orsay (France), Institut d’astrophysique spatiale (IAS).
- KING, L. C. 1963. South African Scenery. — Edinburgh, Oliver and Boyd Ltd, 308 pp.
- LEVIN, G. 2001. The Oxides of Mars. — *In: SPIE Proceedings, Vol. 4495, pp. 131-135.*
- LEVIN, G. 2007. Analysis of evidence of Mars life. — Washington DC, The Carnegie Institution, Geo-physical Laboratory Seminars.
- MUSTARD, J. F. 2007. New insights into hydrated silicate minerals observed on Mars by OMEGA-CRISM. — *In: European Mars Science & Exploration Conference: Mars Express and Exomars (ESTEC, Noordwijk, 12-16 Nov. 2007).*
- PÆPE, R., HOOVER, R. B. & VAN OVERLOOP, E. 2001. Patterned Ground as an Evidence of Water on Mars. — *In: PÆPE, R. & MELNIKOV, V. P. (Eds.), Permafrost Response on*

Economic Development, Environmental Security and Natural Resources, NATO Science Series, 2. Environmental Security, Kluwer Academic Publishers, Vol. 76, pp. 581-588.

- PAEPE, R., VAN OVERLOOP, E. & HOOVER, R. B. 2001. Permafrost Patterns and Sediment Cycles on Mars. — *In*: Proceedings of the first meeting of the European Exo/Astrobiology Network Workshop, ESRIN/ESA, First European Workshop on Exo /Astro-Biology (Frascati, 21-23 May 2001, ESA SP-496, August 2000).
- PAEPE, R., VAN OVERLOOP, E. & HOOVER, R. B. 2002. Comparison of Snowball Earth and Mars Conditions. — *In*: SPIE Proceedings, Vol. 4495, 0277-786X/02, pp. 40-54.
- PAEPE, R., VAN OVERLOOP, E., & HOOVER, R. B. 2002. Computing Periodicities in Mars Sediment Time Series. — *In*: SPIE Proceedings, Vol. 4495, 0277-786X/02, pp. 55-68.

LOFREDE — ELOGE

Severin AMELINCKX

(Willebroek, 30 oktober 1922 — Antwerpen, 22 februari 2007)*

Mevrouw de Vast Secretaris,
Familie en vrienden van wijlen Professor Severin Amelinckx,
Waarde Confraters,



Wij zijn hier verenigd in gedachten met wijlen Professor Severin Amelinckx en om hem namens de Academie de gepaste eer te bewijzen.

Severin Amelinckx was een begenadigde wetenschapper die grote internationale faam genoot. Geboren te Willebroek in 1922, behaalde hij in 1944 de diploma's van licentiaat in de wiskunde en geaggregeerde van het hoger middelbaar onderwijs, en van kandidaat in de fysica aan de Rijksuniversiteit Gent. Hij onderwees gedurende vier jaar in diverse Antwerpse athenea en scherpste daar zijn didactische eigenschappen, waarna hij terugkeerde naar de RUG, waar hij licentiaat in de natuurwetenschappen (1951), doctor in de natuurwetenschappen (1952) en geaggregeerde van het hoger onderwijs in de fysica (1955) werd. Tijdens deze studie was hij van 1948 tot 1958 wetenschappelijk medewerker van Professor W. Dekeyser in het laboratorium voor Kristallografie en Fysica van de Vaste Stof, waarna hij in 1958 buitengewoon hoogleraar werd aan de RUG, vanaf 1962 ook buitengewoon hoogleraar aan de VUB en vanaf 1965 aan het RUCA.

In 1963 werd hij Adjunct-Directeur-Generaal van het SCK te Mol en van 1975 tot aan zijn pensioen in 1987 was hij er Directeur-Generaal.

Zijn voornaamste interesse gedurende heel zijn loopbaan was de kristallografie, de defecten in de vaste stof, de rechtstreekse waarneming van dislocaties en de contrasteffecten in transmissie-elektronenmicroscopie, domeinen waarin hij baanbrekend werk verrichtte. Hij vormde rond zich een ploeg uitstekende

* Lofrede uitgesproken tijdens de zitting van de Klasse voor Technische Wetenschappen van 20 december 2007.

medewerkers en samen met hen was hij de auteur van een duizendtal wetenschappelijke publicaties. In 1953 reeds publiceerde Confrater Amelinckx, in samenwerking met Professor Dekeyser, een belangrijk tekstboek in Parijs: „Les dislocations et la croissance des cristaux”. In 1964 publiceerde hij bij Academic Press in New York het leerboek „The Direct Observation of Dislocations”, een klassieker in de vakliteratuur die in 1968 in het Russisch werd vertaald.

Hij mocht tijdens zijn loopbaan tal van nationale en internationale prijzen in ontvangst nemen. Hij was titularis van de Francquileerstoel aan de Universiteit van Luik in 1964 en aan de UCL in 1973. Hij werd uitgenodigd als *visiting professor* aan de Sorbonne in 1954 en aan de Stanford University in 1967. In 1964 kreeg hij het *Distinguished Ford Visiting Professorship* aan het Carnegie-Mellon Institute of Technology in Pittsburgh, USA. Hij werd ook uitgenodigd voor een twintigtal Internationale Zomerscholen in Europese landen, in toenmalig Oost- en West-Europa, in de USA en in Australië. Hij organiseerde zelf ook Internationale Zomerscholen in Mol, in Brussel en in Antwerpen. Als zeer geëngageerd hoogleraar aan de RUG was hij een drijvende kracht bij de oprichting van de Universiteit Antwerpen.

Hij was ook lid van de redactieraad van een dozijn hoog gequoteerde internationale wetenschappelijke tijdschriften. Hij was lid van diverse comités van de Europese Gemeenschap en van het „Comité Consultatif Général” van Euratom, van het IIKW, van het Comité voor Kristalkunde van de Belgische Academie voor Wetenschappen en van de Speciale Commissie voor Bescherming tegen Stralingen. Vijftien stagairs uit de USA, Rusland, Japan, Argentinië en Europa hebben onder zijn leiding gewerkt. In 1977 werd hij lid van onze Academie, in 1988 lid van de Koninklijke Academie voor Wetenschappen, Schone Kunsten en Letteren, en 1997 erelid van onze Academie. In 1988 werd hij ook lid van de Koninklijke Nederlandse Academie en van de Academia Europea.

In 2000 kreeg hij in de USA nog de *Distinguished Scientist Award*, de belangrijkste internationale onderscheiding voor microscopisch onderzoek.

Ook op familiaal vlak was hij erg geliefd. Ik citeer hier uit het ABC van Elisabeth, zijn kleindochter.

„De B is van boeken, dat spreekt voor zich, de boeken die hij las, die hij schreef, wetenschappelijke werken en — de laatste jaren pas kreeg hij daar de tijd voor — de spannende detectiveverhalen die hij verslond.”

„De C van chocolade (een stukske chocolat), en ook van Christiane, mijn moeder, die die liefde voor chocolade met hem deelde.”

„De E van engelengeduld als hij iets uitlegde, en ook als hij mij bij mijn huiswerk hielp.”

„De K een beetje koppig, bijvoorbeeld om toe te geven dat een of ander huishoudelijk apparaat haperde, neen eerst was het niet kapot! En de K ook van koken, daar bakte hij niks van, daar konden wij samen hartelijk om lachen.”

„De W van werken, dat deed hij hard en gelukkig ook graag, en hij vroeg ook vaak hoe het met ons werk ging, want — zo zei hij dan — je werk graag doen, is erg belangrijk.”

Severin Amelinckx was niet alleen een uiterst begaafde wetenschapper maar ook een eenvoudige, zachte en beminnelijke man met een ongelooflijk geheugen. Hij stond steeds klaar om zijn studenten, zijn medewerkers en zijn personeelsleden te helpen en te steunen.

Wij groeten in hem een groot en bescheiden man die heeft bijgedragen tot de faam van onze Academie.

Paul DE MEESTER

NOTULEN — PROCES-VERBAUX

Klasse voor Morele en Politieke Wetenschappen

Zitting van 15 april 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: de Heer H. Baetens Beardsmore, Mevr. P. Bouvier, E. Bruyninx, de HH. P. Collard, F. de Hen, P. de Maret, G. de Villers, R. Devisch, J. Jacobs, C. Sturtewagen, J.-L. Vellut en Mevr. Y. Verhasselt, werkende leden; de HH. D. Huyge en C. Willemen, geassocieerde leden; de Heer H. Vinck, corresponderend lid.

Betuigden hun spijt niet aan de zitting te kunnen deelnemen: Mevr. D. de Lame, de Heer D. Demolin, Mevr. M. Engelborghs-Bertels, de HH. F. Neyt, C. Ntampaka, F. Reyntjens, R. Rezsahazy, E. Vandewoude en G. Vanthemsche.

Overlijden van de Heer Alain Stenmans

De Heer Pierre Petit kondigt het overlijden aan, op 8 maart 2008 in Braine-l'Alleud, van de Heer Alain Stenmans, erewerkend 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 Heer Sylvain Plasschaert werd gevraagd de lofrede van de Heer Stenmans op te stellen. Ingeval dit voor de Heer Plasschaert niet mogelijk zou zijn, zal dit aan de Heer Filip Reyntjens gevraagd worden.

„Entre abandon et spoliation.

Les mémoires du passé postcolonial au Katanga, Congo-Zaïre”

De Heer Benjamin Rubbers stelt een mededeling voor getiteld als hierboven.

Mevr. Paule Bouvier, de HH. René Devisch, Jean-Luc Vellut, Honoré Vinck en Hugo Baetens Beardsmore nemen aan de bespreking deel.

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

Dialogo antropologie - psicoanalyse:

de vader, voorvaders en moederlijke oom in West- en Midden-Afrika

De Heer René Devisch stelt een mededeling voor getiteld als hierboven.

Classe des Sciences morales et politiques

Séance du 15 avril 2008

(Extrait du procès-verbal)

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

Sont en outre présents: M. H. Baetens Beardsmore, Mmes P. Bouvier, E. Bruyninx, MM. P. Collard, F. de Hen, P. de Maret, G. de Villers, R. Devisch, J. Jacobs, C. Sturtewagen, J.-L. Vellut et Mme Y. Verhasselt, membres titulaires; MM. D. Huyge et C. Willemen, membres associés; M. H. Vinck, membre correspondant.

Ont fait part de leur regret de ne pouvoir assister à la séance: Mme D. de Lame, M. D. Demolin, Mme M. Engelborghs-Bertels, MM. F. Neyt, C. Ntampaka, F. Reyntjens, R. Rezsohazy, E. Vandewoude et G. Vanthemsche.

Décès de M. Alain Stenmans

M. Pierre Petit annonce le décès, survenu à Braine-l'Alleud le 8 mars 2008, de M. Alain Stenmans, membre titulaire honoraire.

Il retrace brièvement la carrière du Confrère disparu.

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

M. Sylvain Plasschaert a été sollicité pour rédiger l'éloge de M. Stenmans. Au cas où il ne pourrait s'en charger, M. Filip Reyntjens sera sollicité.

Entre abandon et spoliation.

Les mémoires du passé post-colonial au Katanga, Congo-Zaire

M. Benjamin Rubbers présente une communication intitulée comme ci-dessus.

Mme Paule Bouvier, MM. René Devisch, Jean-Luc Vellut, Honoré Vinck et Hugo Baetens Beardsmore prennent part à la discussion.

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

«Dialogo antropologie - psychoanalyse:

de vader, voorvaders en moederlijke oom in West- en Midden-Afrika»

M. René Devisch présente une communication intitulée comme ci-dessus.

De HH. Honoré Vinck, Pierre Petit, Pierre de Maret en Mevr. Paule Bouvier nemen aan de bespreking deel.

De Klasse beslist deze tekst te publiceren.

**Materialiteit, textualisering en indexicaliteit:
instrumenten voor een vernieuwde studie van de kunst?**

De Heer Karel Arnaut heeft deze mededeling voorgesteld tijdens de zitting van 12 december 2006.

Na de verslagen te hebben gehoord, beslist de Klasse deze tekst niet te publiceren.

De zitting wordt om 16 u. 50 geheven.

MM. Honoré Vinck, Pierre Petit, Pierre de Maret et Mme Paule Bouvier prennent part à la discussion.

La Classe décide de publier ce texte.

**«Materialiteit, textualisering en indexicaliteit:
instrumenten voor een vernieuwde studie van de kunst?»**

M. Karel Arnaut a présenté cette communication lors de la séance du 12 décembre 2006.

Après avoir entendu les rapports, la Classe décide de ne pas publier ce texte.

La séance est levée à 16 h 50.

Klasse voor Morele en Politieke Wetenschappen

Zitting van 20 mei 2008

(Uittreksel van de notulen)

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

Zijn bovendien aanwezig: de Heer H. Baetens Beardsmore, Mevr. P. Bouvier, D. de Lame, de HH. P. de Maret, D. Demolin, G. de Villers, J. Klener en J.-L. Vellut, werkende leden; de Heer F. Van Noten, geassocieerd lid; de Heer H. Vinck, corresponderend lid; Mevr. R. Orban, lid van de Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen.

Uitgenodigd: Mevr. L. Mettewie.

Betwisten hun spijt niet aan de zitting te kunnen deelnemen: de Heer R. Anciaux, Mevr. E. Bruyninx, de HH. P. Collard, F. de Hen, Mevr. M. Engelborghs-Bertels, de HH. M. Graulich, E. Haerinck, P. Halen, D. Huyge, J. Jacobs, Mevr. F. Nahavandi, de HH. F. Neyt, C. Ntampaka, S. Plasschaert, P. Raymaekers, F. Reyntjens, R. Rezsohazy, C. Sturtewagen, E. Vandewoude, Mevr. B. Vanhoudt, Y. Verhasselt en de Heer C. Willemen.

„L'évolution du contrôle de la fréquence fondamentale chez les primates”

De Heer Didier Demolin stelt een mededeling voor getiteld als hierboven.

De HH. Honoré Vinck en Pierre de Maret nemen aan de bespreking deel.

De Klasse beslist deze tekst te publiceren.

Herkomst en politiek effect van de leer over het „gezag” in de Congolese koloniale schoolboeken

De Heer Honoré Vinck stelt een mededeling voor getiteld als hierboven.

De HH. Francis Van Noten, Jean-Luc Vellut en Gauthier de Villers nemen aan de bespreking deel.

De Klasse beslist deze tekst te publiceren.

Wedstrijd 2008

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

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).

Classe des Sciences morales et politiques

Séance du 20 mai 2008

(Extrait du procès-verbal)

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

Sont en outre présents: M. H. Baetens Beardsmore, Mmes P. Bouvier, D. de Lame, MM. P. de Maret, D. Demolin, G. de Villers, J. Klener et J.-L. Vellut, membres titulaires; M. F. Van Noten, membre associé; M. H. Vinck, membre correspondant; Mme R. Orban, membre de la Classe des Sciences naturelles et médicales.

Invitée: Mme L. Mettwie.

Ont fait part de leur regret de ne pouvoir assister à la séance: M. R. Anciaux, Mme E. Bruyninx, MM. P. Collard, F. de Hen, Mme M. Engelborghs-Bertels, MM. M. Graulich, E. Haerinck, P. Halen, D. Huyge, J. Jacobs, Mme F. Nahavandi, MM. F. Neyt, C. Ntampaka, S. Plasschaert, P. Raymaekers, F. Reyntjens, R. Rezsohazy, C. Sturtewagen, E. Vandewoude, Mmes B. Vanhoudt, Y. Verhasselt et M. C. Willemen.

L'évolution du contrôle de la fréquence fondamentale chez les primates

M. Didier Demolin présente une communication intitulée comme ci-dessus.

MM. Honoré Vinck et Pierre de Maret prennent part à la discussion.

La Classe décide de publier ce texte.

«Herkomst en politiek effect van de leer over het „gezag” in de Congolese koloniale schoolboeken»

M. Honoré Vinck présente une communication intitulée comme ci-dessus.

MM. Francis Van Noten, Jean-Luc Vellut et Gauthier de Villers prennent part à la discussion.

La Classe décide de publier ce texte.

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», à savoir:

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).

Na de verslagen van de HH. Ernie Haerinck, Dirk Huyge en Francis Van Noten te hebben gehoord, beslist de Klasse het werk te bekronen. De Heer Serge Lemaître zal de titel dragen van „Laureaat van de Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen” en de prijs ter waarde van 1 000 euro ontvangen.

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”.

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

De Heer Charles Djungu-Simba heeft deze mededeling voorgesteld tijdens de zitting van 19 februari 2008.

Na de verslagen te hebben gehoord, beslist de Klasse deze tekst te publiceren.

Commissie voor de Belgische Overzeese Biografie

In het kader van de uitbreiding van de Commissie voor de Belgische Overzeese Biografie werd de Heer Gauthier de Villers gevraagd zich bij de Commissie aan te sluiten. Hij heeft de uitnodiging aanvaard.

De Klasse keurt dit voorstel goed.

De zitting wordt om 16 u. 50 geheven.

Après avoir entendu les rapports de MM. Ernie Haerinck, Dirk Huyge et Francis Van Noten, la Classe décide de couronner le travail. M. Serge Lemaître portera le titre de «Lauréat de l'Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer» et recevra le prix d'une valeur de 1 000 euros.

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».

L'histoire littéraire congolaise et le champ littéraire en particulier

M. Charles Djungu-Simba a présenté cette communication lors de la séance du 19 février 2008.

Après avoir entendu les rapports, la Classe décide de publier ce texte.

Commission de la Biographie belge d'Outre-Mer

Dans le cadre de son élargissement, la Commission de la Biographie belge d'Outre-Mer a proposé à M. Gauthier de Villers d'en faire partie et ce dernier a accepté.

La Classe approuve cette proposition.

La séance est levée à 16 h 50.

Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen

Zitting van 22 april 2008

(Uittreksel van de notulen)

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

Zijn bovendien aanwezig: de HH. I. Beghin, J. Bouharmont, M. De Dapper, M. Deliens, M. Erpicum, P. Goyens, J.-M. Jadin, J.-P. Malingreau, H. Maraite, J.-C. Micha, H. Nicolaï, G. Stoops, J.-J. Symoens, C. Sys, P. Van der Veken en M. Wéry, werkende leden; de HH. L. D'Haese, R. Dudal, S. Geerts, D. Le Ray en Mevr. R. Orban, geassocieerde leden.

Uitgenodigd: Z.K.H. Prins Laurent, Mevr. A. D. Froger, de HH. J.-L. Onckelinx, K. Ornelis, A. Orgias en N. Sodart.

Betwisten hun spijt niet aan de zitting te kunnen deelnemen: de HH. J. Alexandre, V. De Brouwere, J.-P. Descy, P. Gigase, F. Malaisse, Mevr. F. Portaels, de HH. J. Rammeloo, E. Robbrecht, E. Roche, L. Tack, E. Tollens, E. Van Ranst, Mevr. Y. Verhasselt, M. Vincx en M. Wilmet.

De Heer André Ozer heet Z.K.H. Prins Laurent welkom en dankt hem voor zijn belangstelling voor de activiteiten van onze Academie.

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.

Mevr. Danielle Swinne schetst bondig de carrière van de overleden Confrater.

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

De Heer Pattyn wenste geen lofrede.

„Tsetse-transmitted Trypanosomiasis: Variations on a Theme”

De Heer Peter Van den Bossche stelt een mededeling voor getiteld als hierboven.

Z.K.H. Prins Laurent, de HH. Morgan de Dapper, Jean-Marie Jadin, Dominique Le Ray en Henri Maraite 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 22 avril 2008

(Extrait du procès-verbal)

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

Sont en outre présents: MM. I. Beghin, J. Bouharmont, M. De Dapper, M. Deliens, M. Erpicum, P. Goyens, J.-M. Jadin, J.-P. Malingreau, H. Maraite, J.-C. Micha, H. Nicolaï, G. Stoops, J.-J. Symoens, C. Sys, P. Van der Veken et M. Wéry, membres titulaires; MM. L. D'Haese, R. Dudal, S. Geerts, D. Le Ray et Mme R. Orban, membres associés.

Invités: S.A.R. le Prince Laurent, Mme A. D. Froger, MM. J.-L. Onckelinx, K. Ornelis, A. Orgias et N. Sodart.

Ont fait part de leur regret de ne pouvoir assister à la séance: MM. J. Alexandre, V. De Brouwere, J.-P. Descy, P. Gigase, F. Malaisse, Mme F. Portaels, MM. J. Rammeloo, E. Robbrecht, E. Roche, L. Tack, E. Tollens, E. Van Ranst, Mmes Y. Verhasselt, M. Vincx et M. Wilmet.

M. André Ozer souhaite la bienvenue à S.A.R. le Prince Laurent et le remercie pour l'intérêt qu'il porte aux activités de l'Académie.

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.

Mme Danielle Swinne retrace brièvement la carrière du Confrère disparu.

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

M. Pattyn n'a pas souhaité d'éloge.

«Tsetse-transmitted Trypanosomiasis: Variations on a Theme»

M. Peter Van den Bossche présente une communication intitulée comme ci-dessus.

S.A.R. le Prince Laurent, MM. Morgan de Dapper, Jean-Marie Jadin, Dominique Le Ray et Henri Maraite prennent part à la discussion.

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

**„Les forêts tropicales sous pression:
une nouvelle évaluation des tendances dans le déboisement”**

De Heer Jean-Paul Malingreau stelt een mededeling voor getiteld als hierboven.

De HH. Morgan De Dapper, Jean-Marie Jadin, Z.K.H. Prins Laurent, de HH. Henri Maraite, André Ozer en Michel Erpicum nemen aan de bespreking deel.

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

Commissie voor de Belgische Overzeese Biografie

In het kader van de verruiming van de Commissie voor de Belgische Overzeese Biografie werd de Heer Marc Wéry uitgenodigd om er deel van uit te maken. Hij heeft de uitnodiging aanvaard.

De Klasse keurt dit voorstel goed.

De Heer Georges Stoops stelt voor ook de verhalen van Belgische expedities te publiceren. Deze suggestie zal aan de betrokken werkgroep voorgelegd worden.

Op de vraag van de Heer Michel Deliens wanneer boekdeel 9 van de Belgische Overzeese Biografie zal verschijnen, antwoordt de Vast Secretaris dat voorstellen nog tot juni aanvaard worden en dat het boekdeel in de loop van het volgende academiejaar gepubliceerd zal worden.

De zitting wordt om 16 u. 30 geheven.

**Les forêts tropicales sous pression:
une nouvelle évaluation des tendances dans le déboisement**

M. Jean-Paul Malingreau présente une communication intitulée comme ci-dessus.

MM. Morgan De Dapper, Jean-Marie Jadin, S.A.R. le Prince Laurent, MM. Henri Maraite, André Ozer et Michel Erpicum prennent part à la discussion.

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

Commission de la Biographie belge d'Outre-Mer

Dans le cadre de son élargissement, la Commission de la Biographie belge d'Outre-Mer a proposé à M. Marc Wéry d'en faire partie et ce dernier a accepté.

La Classe approuve cette proposition.

M. Georges Stoops propose que les récits des expéditions belges fassent également l'objet d'une publication. Cette suggestion sera soumise au groupe de travail concerné.

A la question de M. Michel Deliens de savoir quand paraîtra le volume 9 de la Biographie belge d'Outre-Mer, la Secrétaire perpétuelle répond que les propositions seront encore acceptées jusque juin et que ce volume sera publié dans le courant de l'année académique prochaine.

La séance est levée à 16 h 30.

Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen

Zitting van 27 mei 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 en Mevr. D. Swinne, Vast Secretaris.

Zijn bovendien aanwezig: de HH. I. Beghin, J. Bouharmont, M. De Dapper, P. Goyens, J.-M. Jadin, H. Maraite, H. Nicolai, G. Stoops, J.-J. Symoens, C. Sys, P. Van der Veken, E. Van Ranst, J. Vercruysse en M. Wéry, werkende leden; de HH. M. Coosemans, S. Geerts, D. Le Ray en E. Roche, geassocieerde leden; Mevr. Y. Verhasselt, lid van de Klasse voor Morele en Politieke Wetenschappen.

Uitgenodigd: Mevr. S. Gabriel en de Heer E. Thys.

Betuïgden hun spijt niet aan de zitting te kunnen deelnemen: de HH. J. Alexandre, E. Coppejans, V. De Brouwere, M. Erpicum, P. Gigase, J.-P. Malingreau, J.-C. Micha, Mevr. R. Orban, de HH. E. Robbrecht, L. Tack en Mevr. M. Vincx.

„Erosion éolienne dans le Sahel nigérien: perception paysanne, causes et moyens de lutte”

De Heer Charles Bielders stelt een mededeling voor getiteld als hierboven.

Mevr. Yola Verhasselt, de HH. Morgan De Dapper, Eric Van Ranst, Ivan Beghin, Carolus Sys en André Ozer nemen aan de bespreking deel.

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

Het opvolgen van de efficiëntie van anthelminthica voor de behandeling van gastro-intestinale nematoden bij de mens

De Heer Jozef Vercruysse stelt een mededeling voor getiteld als hierboven.

De HH. Stanny Geerts, Jan Rammeloo, Marc Coosemans, Jean-Marie Jadin en André Ozer nemen aan de bespreking deel.

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

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”, nl.:

Classe des Sciences naturelles et médicales

Séance du 27 mai 2008

(Extrait du procès-verbal)

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

Sont en outre présents: MM. I. Beghin, J. Bouharmont, M. De Dapper, P. Goyens, J.-M. Jadin, H. Maraité, H. Nicolai, G. Stoops, J.-J. Symoens, C. Sys, P. Van der Veken, E. Van Ranst, J. Vercruysse et M. Wéry, membres titulaires; MM. M. Coosemans, S. Geerts, D. Le Ray et E. Roche, membres associés; Mme Y. Verhasselt, membre de la Classe des Sciences morales et politiques.

Invités: Mme S. Gabriel et M. E. Thys.

Ont fait part de leur regret de ne pouvoir assister à la séance: MM. J. Alexandre, E. Coppejans, V. De Brouwere, M. Erpicum, P. Gigase, J.-P. Malingreau, J.-C. Micha, Mme R. Orban, MM. E. Robbrecht, L. Tack et Mme M. Vincx.

Erosion éolienne dans le Sahel nigérien: perception paysanne, causes et moyens de lutte

M. Charles Bielders présente une communication intitulée comme ci-dessus.

Mme Yola Verhasselt, MM. Morgan De Dapper, Eric Van Ranst, Ivan Beghin, Carolus Sys et André Ozer prennent part à la discussion.

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

«Het opvolgen van de efficiëntie van anthelminthica voor de behandeling van gastro-intestinale nematoden bij de mens»

M. Jozef Vercruysse présente une communication intitulée comme ci-dessus.

MM. Stanny Geerts, Jan Rammeloo, Marc Coosemans, Jean-Marie Jadin et André Ozer prennent part à la discussion.

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

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^e et 4^e 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)

Na de verslagen van de HH. Henri Nicolai, André Ozer en Emile Roche te hebben gehoord, beslist de Klasse het werk te bekronen. De Heer Yann Tristant zal de titel dragen van „Laureaat van de Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen” en de prijs ter waarde van 1 000 euro ontvangen.

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.”, nl.:

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.

Na de verslagen van de HH. Jules Bouharmont, Jan Rammeloo en Patrick Van Damme te hebben gehoord, beslist de Klasse het werk te bekronen. Mevr. Pascale Lepoint zal de titel dragen van „Laureate van de Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen” en de prijs ter waarde van 1 000 euro ontvangen.

Jean-Jacques en Berthe Symoensprijs voor Tropische Limnologie

Conform artikel 9 van het reglement, heeft de Selectiecommissie van de Prijs haar verslag aan de Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen meegedeeld.

Vier werken werden regelmatig ingediend, m.n.:

GOUDER DE BEAUREGARD, Anne-Christine 2007. Dynamique spatio-temporelle des communautés végétales macrophytiques dans les écosystèmes lacustres peu profonds d'Afrique de l'Est. Thèse de doctorat, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, 150 pp. + 3 annexes.

ISUMBISHO MWAPU, Pascal 2006. Zooplankton Ecology of Lake Kivu (Eastern Africa). Thèse de doctorat, Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix, 176 pp.

PIRLOT, Samuel 2006. The Bacterioplankton in Lake Tanganyika: Biomass, Production & Trophic Fate. Thèse de doctorat, Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix, 267 pp.

SARMENTO, Hugo 2006. Phytoplankton Ecology of Lake Kivu (Eastern Africa). Thèse de doctorat, Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix, 181 pp.

Op voorstel van de Selectiecommissie beslist de Klasse de prijs toe te kennen aan de Heer Hugo Sarmento.

TRISTANT, Yann 2006. L'occupation humaine dans le delta du Nil aux 5^e et 4^e 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)

Après avoir entendu les rapports de MM. Henri Nicolai, André Ozer et Emile Roche, la Classe décide de couronner le travail. M. Yann Tristant portera le titre de «Lauréat de l'Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer» et recevra le prix d'une valeur de 1 000 euros.

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.

Après avoir entendu les rapports de MM. Jules Bouharmont, Jan Rammeloo et Patrick Van Damme, la Classe décide de couronner le travail. Mme Pascale Lepoint portera le titre de «Lauréate de l'Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer» et recevra le prix d'une valeur de 1 000 euros.

Prix Jean-Jacques et Berthe Symoens de Limnologie tropicale

Conformément à l'article 9 du règlement, la Commission de sélection du Prix a communiqué son rapport à la Classe des Sciences naturelles et médicales.

Quatre travaux ont été régulièrement introduits, à savoir:

GOUDER DE BEAUREGARD, Anne-Christine 2007. Dynamique spatio-temporelle des communautés végétales macrophytiques dans les écosystèmes lacustres peu profonds d'Afrique de l'Est. Thèse de doctorat, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, 150 pp. + 3 annexes.

ISUMBISHO MWAPU, Pascal 2006. Zooplankton Ecology of Lake Kivu (Eastern Africa). Thèse de doctorat, Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix, 176 pp.

PIRLOT, Samuel 2006. The Bacterioplankton in Lake Tanganyika: Biomass, Production & Trophic Fate. Thèse de doctorat, Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix, 267 pp.

SARMENTO, Hugo 2006. Phytoplankton Ecology of Lake Kivu (Eastern Africa). Thèse de doctorat, Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix, 181 pp.

Sur proposition de la Commission de sélection, la Classe décide d'attribuer le prix à M. Hugo Sarmento.

Het diploma zal hem overhandigd worden tijdens de academische openingszitting van 23 oktober 2008. De auteur zal de titel dragen van „Laureaat van de Jean-Jacques en Berthe Symoensprijs voor Tropische Limnologie”.

De zitting wordt om 16 u. 55 geheven.

Le diplôme lui sera remis lors de la séance académique d'ouverture du 23 octobre 2008. L'auteur portera le titre de «Lauréat du Prix Jean-Jacques et Berthe Symoens de Limnologie tropicale».

La séance est levée à 16 h 55.

Klasse voor Technische Wetenschappen

Zitting van 24 april 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. T. Camelbeeck, J. De Cuyper, H. Deelstra, R. Leenaerts, W. Loy, J. J. Peters, J. Roos en F. Thirion, werkende leden; de HH. J. Hus, P. Muchez, J. Poesen, P. Van Damme en R. Winand, geassocieerde leden; Mevr. Y. Verhasselt, lid van de Klasse voor Morele en Politieke Wetenschappen.

Uitgenodigd: Mevr. M. A. Durieux.

Betuygden hun spijt niet aan de zitting te kunnen deelnemen: de HH. L. André, P. Beckers, J. Berlamont, A. Bernard, A. Buldgen, J.-M. Charlet, J. Charlier, P. De Meester, C. De Meyer, J. Debevere, D. Demaiffe, G. Demarée, J.-J. Droesbeke, P. Goossens, A. Jaumotte, A. Lejeune, J. Michot, A. Monjoie, H. Paelinck, R. Paepé, E. Pirard, P. Sorgeloos en T. Van Frachen.

„Crues et inondations au Tabasco, Mexique”

De Heer Jean Jacques Peters stelt een mededeling voor getiteld als hierboven. De HH. Walter Loy, Jean Poesen en Hendrik Deelstra nemen aan de bespreking deel.

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

„Development Potential for Bhutanese Agriculture”

De Heer Patrick Van Damme stelt een mededeling voor getiteld als hierboven. De HH. Jean Poesen, Hendrik Deelstra, Mevr. Yola Verhasselt, de HH. Philippe Muchez en Jef Roos nemen aan de bespreking deel.

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

De zitting wordt om 16 u. 40 geheven.

Classe des Sciences techniques

Séance du 24 avril 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. T. Camelbeeck, J. De Cuyper, H. Deelstra, R. Leenaerts, W. Loy, J. J. Peters, J. Roos et F. Thirion, membres titulaires; MM. J. Hus, P. Muchez, J. Poesen, P. Van Damme et R. Winand, membres associés; Mme Y. Verhasselt, membre de la Classe des Sciences morales et politiques.

Invitée: Mme M. A. Durieux.

Ont fait part de leur regret de ne pouvoir assister à la séance: MM. L. André, P. Beckers, J. Berlamont, A. Bernard, A. Buldgen, J.-M. Charlet, J. Charlier, P. De Meester, C. De Meyer, J. Debevere, D. Demaiffe, G. Demarée, J.-J. Droesbeke, P. Goossens, A. Jaumotte, A. Lejeune, J. Michot, A. Monjoie, H. Paelinck, R. Paepe, E. Pirard, P. Sorgeloos et T. Van Frachen.

Crues et inondations au Tabasco, Mexique

M. Jean Jacques Peters présente une communication intitulée comme ci-dessus.

MM. Walter Loy, Jean Poesen et Hendrik Deelstra prennent part à la discussion.

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

«Development Potential for Bhutanese Agriculture»

M. Patrick Van Damme présente une communication intitulée comme ci-dessus.

MM. Jean Poesen, Hendrik Deelstra, Mme Yola Verhasselt, MM. Philippe Muchez et Jef Roos prennent part à la discussion.

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

La séance est levée à 16 h 40.

Klasse voor Technische Wetenschappen

Zitting van 29 mei 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. T. Camelbeeck, J. Charlier, E. Cuypers, J. De Cuyper, P. De Meester, R. Leenaerts, W. Loy en H. Paelinck, werkende leden; de HH. J. Hus en T. Van Frachen, geassocieerde leden.

Betuygden hun spijt niet aan de zitting te kunnen deelnemen: de HH. L. André, P. Beckers, J. Berlamont, J. Debevere, H. Deelstra, D. Demaiffe, G. Demarée, C. De Meyer, J.-J. Droesbeke, P. Goossens, A. Jaumotte, A. Lejeune, J. Marchal, J. Michot, P. Muchez, T. Notteboom, R. Paepe, J. J. Peters, E. Pirard, J. Poesen, J. Roos, P. Sorgeloos, F. Thirion en R. Winand.

„Biocarburants: enjeux et perspectives en Afrique subsaharienne”

De Heer Pépin Tchouate Heteu stelt een mededeling voor getiteld als hierboven.

De HH. Jacques Charlier en Robert Leenaerts nemen aan de bespreking deel.

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

Wereldeconomie en de gevolgen voor de scheepvaart

De Heer Honoreus Paelinck stelt een mededeling voor getiteld als hierboven.

De HH. Paul De Meester, Jacques Charlier, Thierry Camelbeeck en Edward Cuypers nemen aan de bespreking deel.

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

Wedstrijd 2008

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

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.

Classe des Sciences techniques

Séance du 29 mai 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. T. Camelbeeck, J. Charlier, E. Cuypers, J. De Cuyper, P. De Meester, R. Leenaerts, W. Loy et H. Paelinck, membres titulaires; MM. J. Hus et T. Van Frachen, membres associés.

Ont fait part de leur regret de ne pouvoir assister à la séance: MM. L. André, P. Beckers, J. Berlamont, J. Debevere, H. Deelstra, D. Demaiffe, G. Demarée, C. De Meyer, J.-J. Droesbeke, P. Goossens, A. Jaumotte, A. Lejeune, J. Marchal, J. Michot, P. Muchez, T. Notteboom, R. Paepe, J. J. Peters, E. Pirard, J. Poesen, J. Roos, P. Sorgeloos, F. Thirion et R. Winand.

Biocarburants: enjeux et perspectives en Afrique subsaharienne

M. Pépin Tchouate Heteu présente une communication intitulée comme ci-dessus.

MM. Jacques Charlier et Robert Leenaerts prennent part à la discussion.

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

«Wereldeconomie en de gevolgen voor de scheepvaart»

M. Honoreus Paelinck présente une communication intitulée comme ci-dessus.

MM. Paul De Meester, Jacques Charlier, Thierry Camelbeeck et Edward Cuypers prennent part à la discussion.

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

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.

Na de verslagen van de HH. Jacques De Cuyper, Gaston Demarée en Pierre Ozer te hebben gehoord, beslist de Klasse noch prijs noch eervolle vermelding aan deze werken toe te kennen.

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

„Interactions between Great Lakes Level Change, Tectonics and Volcanism in the Rungue Volcanic Province, SW Highlands of Tanzania”

De Heer Damien Delvaux de Fenffe heeft deze mededeling voorgesteld tijdens de zitting van 22 februari 2007.

Na de verslagen te hebben gehoord, beslist de Klasse deze tekst te publiceren.

De zitting wordt om 17 uur gegeven.

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.

Après avoir entendu les rapports de MM. Jacques De Cuyper, Gaston Demarée et Pierre Ozer, la Classe décide de n'attribuer ni prix, ni mention honorable à ces travaux.

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».

«Interactions between Great Lakes Level Change, Tectonics and Volcanism in the Rungue Volcanic Province, SW Highlands of Tanzania»

M. Damien Delvaux de Fenffe a présenté cette communication lors de la séance du 22 février 2007.

Après avoir entendu les rapports, la Classe décide de publier ce texte.

La séance est levée à 17 h.

INHOUDSTAFEL — TABLE DES MATIERES

Wetenschappelijke mededelingen Communications scientifiques

<i>Klasse voor Morele en Politieke Wetenschappen / Classe des Sciences morales et politiques:</i>	
P. RAYMAEKERS. — Une base avancée de la <i>Royal Air Force</i> à Banana (RDC) durant la Seconde Guerre mondiale (mars 1943 - septembre 1944)	261
D. HUYGE. — 'Lascaux along the Nile': The Palaeolithic Rock Art of Qurta (Upper Egypt)	281
<i>Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen / Classe des Sciences naturelles et médicales:</i>	
P. GIGASE. — L'œsophagostomiase humaine. Une parasitose méconnue	299
J. DECKERS. — New Hope to Fill the 'Mesob' in the Drylands of Ethiopia. Towards Enhanced Sustainable Development through Institutional University Cooperation	323
<i>Klasse voor Technische Wetenschappen / Classe des Sciences techniques:</i>	
S. DEWAELE <i>et al.</i> — Cassiterite and Columbite-Tantalite (Coltan) Mineralization in the Proterozoic Rocks of the Northern Part of the Kibara Orogen (Central Africa): Preliminary Results	341
R. PAEPE. — Why is Planet Mars Red?	359
Lofrede — Eloge	
Severin AMELINCKX	379

Notulen — Procès-verbaux

<i>Klasse voor Morele en Politieke Wetenschappen / Classe des Sciences morales et politiques:</i>	
Zitting van 15 april 2008 / Séance du 15 avril 2008	384; 385
Zitting van 20 mei 2008 / Séance du 20 mai 2008	388; 389
<i>Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen / Classe des Sciences naturelles et médicales:</i>	
Zitting van 22 april 2008 / Séance du 22 avril 2008	392; 393
Zitting van 27 mei 2008 / Séance du 27 mai 2008	396; 397
<i>Klasse voor Technische Wetenschappen / Classe des Sciences techniques:</i>	
Zitting van 24 april 2008 / Séance du 24 avril 2008	402; 403
Zitting van 29 mei 2008 / Séance du 29 mai 2008	404; 405

