

CONTENTS

Scientific Papers

Section of Human Sciences:

B. OVERLAET. — Belgian Excavations at Mleiha, Sharjah (UAE) 2009-2013.....	249
E. CORNELISSEN. — Archaeological Research in the Equatorial Forest in the Democratic Republic of Congo	269
A. MOTINGEA MANGULU. — Language Decline and Linguistic Convergence in the Congo Central Basin	299

Section of Natural and Medical Sciences:

O. MICHEL. — Indoor Pollution by Biomass and Chronic Respiratory Diseases: The Case of Vietnam.....	375
M. GÉRARD. — Ebola Viral Disease: Virological, Clinical Aspects and Hospital Management Plan for an Imported Case in Belgium in 2015.....	381
M.-P. FAUCON <i>et al.</i> — Implications of Soil-Plant Relationships in Ecological Engineering of Degraded Metalliferous Habitats and Soils: The Case of Copper-rich Habitats in Katanga (Democratic Republic of Congo).....	391
S. GEERTS. — Elimination of <i>Taenia solium</i> Cysticercosis through Vaccination of Pigs: A Realistic Option?.....	403
L. YE <i>et al.</i> — The Role of Quantitative Land Evaluation in Food Security Decision-making in China: The Past, Present and Future.....	415

Section of Technical Sciences:

T. SGHAIER & J.-J. CLAUSTRIAUX. — Genotype-environment Interaction of <i>Pinus halepensis</i> Mill. in Tunisia.....	437
C. HEUREUX. — Africa, Energy Giant and Electric Dwarf. Decoding a Paradox	453
G. DEMARÉE <i>et al.</i> — The Story of the Meteorological Observations of Jean Barthe, Physician on the French Frigate <i>La Sibylle</i> , and of Father Furet, Apostolic Missionary in Okinawa	469

In memoriam

Thierry VERHELST	491
Raoul DUDAL.....	499
Hariharan ESWARAN	503

Académie Royale
des Sciences d'Outre-Mer

Sous la Haute Protection du Roi

Koninklijke Academie
voor Overzeese Wetenschappen

Onder de Hoge Bescherming van de Koning

AVIS AUX AUTEURS

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

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

BERICHT AAN DE AUTEURS

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

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

TABLE DES MATIERES — INHOUDSTAFEL

**Communications scientifiques
Wetenschappelijke mededelingen**

<i>Classe des Sciences humaines / Klasse voor Menswetenschappen:</i>	
B. OVERLAET. — Belgian Excavations at Mleiha, Sharjah (UAE) 2009-2013.....	249
E. CORNELISSEN. — Archaeological Research in the Equatorial Forest in the Democratic Republic of Congo	269
A. MOTINGEA MANGULU. — Déclin des langues et convergence linguistique dans le bassin central congolais.....	299
<i>Classe des Sciences naturelles et médicales / Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen:</i>	
O. MICHEL. — La pollution de l'air intérieur par des biomasses et les maladies pulmonaires chroniques: l'exemple du Vietnam	375
M. GÉRARD. — Maladie à virus Ebola: aspects virologiques, cliniques et plan de prise en charge hospitalière d'un cas d'importation en Belgique en 2015	381
M.-P. FAUCON <i>et al.</i> — Implications des relations sol-plante en ingénierie écologique des habitats et sols métallifères dégradés: le cas des habitats riches en cuivre du Katanga (République Démocratique du Congo)	391
S. GEERTS. — Elimination of <i>Taenia solium</i> Cysticercosis through Vaccination of Pigs: A Realistic Option?	403
L. YE <i>et al.</i> — The Role of Quantitative Land Evaluation in Food Security Decision-making in China: The Past, Present and Future.....	415
<i>Classe des Sciences techniques / Klasse voor Technische Wetenschappen:</i>	
T. SGHAIER & J.-J. CLAUSTRIAUX. — Interaction provenances-environnements du pin d'Alep (<i>Pinus halepensis</i> Mill.) en Tunisie.....	437
C. HEUREUX. — L'Afrique, géant énergétique et nain électrique. Décryptage d'un paradoxe	453
G. DEMARÉE <i>et al.</i> — The Story of the Meteorological Observations of Jean Barthe, Physician on the French Frigate <i>La Sibylle</i> , and of Father Furet, Apostolic Missionary in Okinawa	469
<i>In memoriam</i>	
Thierry VERHELST	491
Raoul DUDAL.....	499
Hariharan ESWARAN	503

© Royal Academy for Overseas Sciences. All rights reserved.

Abonnement 2015: 70,00 €

Avenue Louise 231
B-1050 Bruxelles (Belgique)

Louizalaan 231
B-1050 Brussel (België)



Bulletin des Séances Mededelingen der Zittingen

**Académie Royale
des Sciences d'Outre-Mer**

Sous la Haute Protection du Roi

**Koninklijke Academie
voor Overzeese Wetenschappen**

Onder de Hoge Bescherming van de Koning

COMMUNICATIONS SCIENTIFIQUES

WETENSCHAPPELIJKE MEDEDELINGEN

Classe des Sciences humaines

Klasse voor Menswetenschappen

Belgian Excavations at Mleiha, Sharjah (UAE) 2009-2013*

by

Bruno OVERLAET**

KEYWORDS. — Arabia; Tomb; Mleiha; UAE; Caravan Routes.

SUMMARY. — Mleiha (Sharjah, UAE) is the main inland site in SE Arabia from the 3rd century BCE to the 3rd century AD. Belgian research focused on the graveyard area with monumental tower-shaped tombs of the 3rd and first half of the 2nd century BCE, related to tombs along the Arabian overland caravan routes at Qaryat al Faw (Saudi Arabia) and Petra (Jordan). Reconstructions of the tombs are proposed and distribution patterns are being studied using Ground-Penetrating Radar surveying.

TREFWOORDEN. — Arabië; Tombe; Mleiha; VAE; Karavaanroutes.

SAMENVATTING. — *De Belgische opgravingen te Mleiha, Sharjah (VAE) 2009-2013.* — Mleiha (Sharjah, VAE) is de belangrijkste site in het binnenland van ZO-Arabia van de 3de eeuw v. Chr. tot de 3de eeuw na Chr. Het Belgische onderzoek is toegespitst op het grafveld met de restanten van monumentale torenvormige graven uit de 3de en de eerste helft van de 2de eeuw v. Chr. Deze zijn verwant aan tomben in karavaanstedes langs de Arabische landroutes zoals Qaryat al Faw (Saoedi-Arabië) en Petra (Jordanië). Reconstructies van de torengraven worden voorgesteld en de distributiepatronen van de graven worden onderzocht op basis van een *Ground Penetrating Radar survey*.

MOTS-CLES. — Arabie; Tombe; Mleiha; EAU; Route des caravanes.

RESUME. — *Les fouilles belges à Mleiha, Sharjah (EAU) 2009-2013.* — Mleiha (Sharjah, EAU) est le site principal dans le sud-est de l'Arabie du 3^e siècle BCE jusqu'au 3^e siècle AD. Les recherches belges se sont concentrées sur la nécropole aux tours funéraires monumentales du 3^e siècle / première moitié du 2^e siècle BCE. Ces monuments funéraires sont comparables à ceux de Qaryat al Faw (Arabie Saoudite) et de Pétra (Jordanie), sites caravaniers sur les routes des caravanes arabes. Des reconstitutions des tours funéraires sont proposées et la distribution des tours dans la nécropole est étudiée en utilisant la technique de Radar à Pénétration de Sol (RPS).

*

* *

* Paper presented at the meeting of the Section of Human Sciences held on 18 March 2014. Text received on 7 November 2014 and submitted to peer review. Final version, approved by the reviewers, received on 29 June 2015.

** Member of the Academy; Curator Ancient Near East and Iran, Royal Museums of Art and History, Jubelpark 10, B-1000 Brussels (Belgium).

A Belgian archaeological expedition has been working since 2009 at Mleiha in the Emirate of Sharjah (United Arab Emirates). It is a collaboration between the Royal Museums of Art and History (Brussels), Ghent University and Sharjah's Directorate of Antiquities [1]*. The present report provides a survey of the main activities during the first five years of our work.

The Location of Mleiha

Mleiha is one of the main archaeological sites of the Oman peninsula, situated about half way on the road from Sharjah on the Persian Gulf coast to the Gulf of Oman and on the inland route from Dhaid to al-Ain. It is situated in the alluvial gravel plain to the west of the al-Hadjar or Oman Mountains at an altitude between 150 and 160 m asl. Mleiha is protected from the northwestern dune sands that stretch to the Persian Gulf coast by the anticlinal Jebel Fayah mountain ridge (fig. 1). The geological water storage capacity of the area and the confluence of several hydrographic systems result in a high water table and made the Dhaid plain with Mleiha well suited for human occupation (DALONGEVILLE 1994, p. 7). As such, the archaeological site that covers several square kilometres is, not surprisingly, still partly covered with modern habitations and palm gardens.

Archaeology of Mleiha

The site of Mleiha became known to the scientific world in 1968, when the ruler of Sharjah, Sheikh Khaled bin Muhammad al-Qasimi, invited the Danish archaeologist Karen Frifelt to show her some objects he had found during one of his hunting expeditions (FRIFELT 1969, p. 175). The first excavations at Mleiha were carried out a few years later by an Iraqi team (MADHLOOM 1974) but extensive research started only in 1986 with the French excavation project, first headed by Rémy Boucharlat and later by Michel Mouton (1986-2000, 2010-11) (MOUTON 1999; 2008, pp. 19-20; MOUTON *et al.* 2012, p. 205). The Directorate of Antiquities of Sharjah Emirate excavates at several locations on and around the site and manages the site's cultural tourism with the conservation and reconstruction of major monuments. The Directorate of Antiquities also takes measures to safeguard the site by raising awareness and acquiring archaeologically important areas to include them in the protected heritage site. The Belgian team joined the Mleiha research in 2009 with excavations that focused on the habitations and graveyards (HAERINCK & OVERLAET 2011a,b; KUTTERER *et al.* 2014; VERDONCK *et al.* 2014; OVERLAET & HAERINCK 2014).

* The number in brackets [] refers to the note, p. 265.

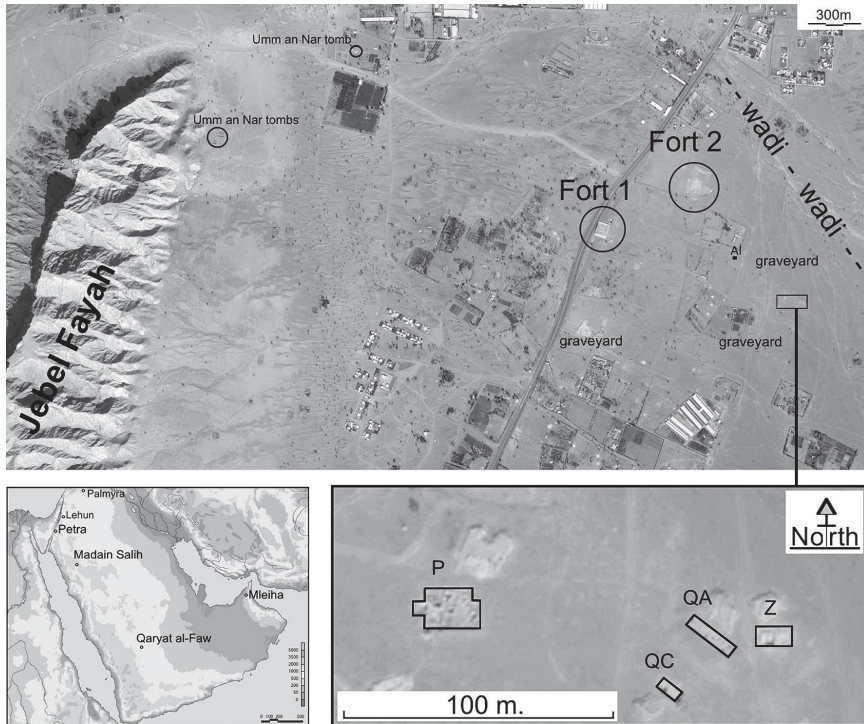


Fig. 1. — Location of Mleiha and Google Earth view with indication of monuments and excavation zones mentioned in the paper. The details show the main excavation areas of the Belgian expedition.

Mleiha has a long occupation history dating back to at least the third millennium BCE, as documented by the discovery of three Umm an Nar type tombs (figs. 1 and 7, top right). Such monumental tower-shaped tombs remained in use over many centuries and from other sites in the Oman peninsula, we know that they are associated with important habitations (POTTS 2009, pp. 31-32). These have not yet been located at Mleiha; however, they are possibly covered with some of the nearby modern constructions. The most extensive occupation of the site is to be dated later, from the 3rd century BCE to the 3rd-4th century AD, at which time it was apparently the only inland site of importance in SE Arabia. A chronological framework for SE Arabia and Mleiha for this period was proposed by Michel Mouton, partially based on the results of the French excavations at Mleiha (MOUTON 1999; 2008, pp. 22-35).

The present paper is mainly concerned with the “Pré-islamique récent A” or PIR-A period, *i.e.* the archaeological phase II at Mleiha, dated to the 3rd and first half of the 2nd c. BCE. The preceding Late Iron Age in the Oman peninsula

is characterized by a decline of settlements. Mud brick or stone houses seem to have ceased to exist in the PIR-A period. Nevertheless, there was no absolute break with the Iron Age since some of the Iron Age villages contain material that is related to the PIR-A assemblage.

To explain the changes, it has been suggested that nomadic newcomers may have arrived from outside the Oman Peninsula and may have settled at Mleiha (MOUTON 2008, pp. 278-282). PIR A seems to have been constituted predominantly by dwellings made of light materials such as wood and palm leaves, like the so-called *barasti* that are still used in the region, since excavations only revealed mud brick houses from the following PIR-B period onwards (second half 2nd-1st century BCE). This is odd, however, in view of the presence of monumental funerary structures in the PIR-A period, mostly concentrated on the eastern and southern limits of the site. These are built with mud bricks and gypsum bricks. It demonstrates that the technology and know-how of brick production was not lost at Mleiha and that production continued during the PIR-A period in the Oman peninsula, although apparently mainly for constructions such as funerary monuments.

Mleiha flourished in the PIR period as an economic and political centre with a local dynasty which had its own mint. The so-called Abi'el coins, probably named after a local ruler, circulated in SE Arabia from the late 3rd or early 2nd century BCE onwards and may have been primarily introduced as a political statement by what was in reality a relatively minor local kingdom. The coins had limited circulation outside their own region, only a few of them were found in NE Arabia (HAERINCK 1999, pp. 126-127).

During this early expansion of Mleiha, roughly contemporary to the Seleucid and early Parthian era in the remainder of the Near East, the site's boost may have been largely based on its agricultural produce. Like other cities and oases on caravan routes, *e.g.* Palmyra or Petra, the availability of water and its use to exploit the site's agricultural potential lies at the very heart of the city's economic development (HAUSER 2012). Luxury commodities, such as Rhodian wine, traded in amphorae, and Greek black-varnished vessels were found at Mleiha from the 3rd century BCE onwards and probably reached the site overland from NE Arabia since there is no coastal settlement on the UAE's Persian Gulf coast at that time. The oldest-identified Rhodian amphora fragment from Mleiha, a toe with part of the lower amphora wall, was discovered by the Belgian team in 2009. It can be dated to 270-250 BCE (MONSIEUR *et al.* 2013, p. 221, fig. 21). Mleiha may have acquired such wealth through its role as an intermediary trader and/or through the control on the passage of camel caravans between NE Arabia and the Oman coast. From about the middle of the 1st century BCE, the appearance of harbours like ed-Dur and of other coastal sites all along the Arabian coast between Qatar and the Strait of Hormuz indicate the growing importance of sea trade as opposed to the traditional land routes (HAERINCK 1998) but Mleiha appears to have been able to preserve its economic and political importance.

With the information at hand, habitations, gardens and workshops during the “Pré-islamique récent” periods seem to have been centred around two major fortified dwellings, a pattern which is documented in many parts of Arabia (HOYLAND 2001, p. 170) and which is very similar to that of inland oases in the region, such as Al-Ain and Lewa, until the mid-20th century AD. A large necropolis along the wadi bordered the settlement at the east and south (see fig. 1). The role of Mleiha as a political and economic centre came to an end in the 3rd or early 4th century AD, possibly as a result of military intervention since one of the two fortresses at Mleiha was besieged, burned down and plundered (MOUTON *et al.* 2012). Who the assailant was and whether this was a single military assault that destroyed the whole site and displaced or eliminated the local population, or rather an attack on one specific building, remains unknown, but the fortress was left in ruins and never rebuilt. The weakening position of Mleiha, somewhere in the 3rd or early 4th century AD at the latest, must be put back in the wider geopolitical events of the 3rd century AD when the Sasanian dynasty (224-642 AD) came to power in Iran and Mesopotamia and sought to gain control of the international trade routes (KENNET 2007) (tab. 1). Ardashir I (224-240) conquered the Arabian coast of the Persian Gulf and later rulers sent expeditions as far as Yemen and Ethiopia (POTTS 2008).

Many questions and uncertainties remain as to the specific chronology of Mleiha and its position within the larger Arabian world, its population and its cultural and sociopolitical background.

The Belgian expedition would like to contribute to the understanding of the mechanisms behind the fast development of the site in the PIR-A period by focusing on the extensive graveyard with its monumental tombs. Earlier excavations by the French team and Sharjah’s Directorate of Antiquities had revealed the existence of a large graveyard area at the east and south of the site. This area bordered the wadi and was made up of several low mounds, merely 50 cm to 1 m above the wadi plain. These low mounds covered graves which once had mud brick tower-shaped monuments that resembled some of the monumental tombs from the Nabataean cities of Petra and Qaryat al-Faw, a relation that was discussed on several occasions by M. Mouton and R. Boucharlat (BOUCHARLAT & MOUTON 1998; MOUTON 1997, 2006, 2010). Between these monumental tombs (and between the low mounds) less prominent graves were attested which lack these grand surface constructions. All the excavated tombs at Mleiha had been plundered but fragments of the burial goods left behind by the looters provide dating criteria and offer a glimpse on the richness that they once contained. There are fragments of jewellery, glass and bronze vessels, iron weaponry, stone vessels of S-Arabian origin and sherds of Rhodian wine amphorae and of other luxury pottery imported from South Mesopotamia, Iran and India. All this testifies to a flourishing economy in which it was possible to take such large amounts of valuables and luxury items out of circulation by depositing them in tombs. One of the surprising discoveries was that not a single tomb contained human remains

(KUTTERER *et al.* 2014, pp. 175-176). Since animal bones were well preserved, this can only be the result of a deliberate action. Corpses were likely to be richly dressed, possibly also wearing jewellery, before being wrapped in a funerary shroud and placed in the tomb. The *Mufaddaliyat*, an 8th century AD anthology containing mostly 6th – early 7th century poetry that offers valuable insight into Arabian pre-Islamic beliefs and traditions, specifically mentions this practice (LYALL 1918, p. 239, Muf. LXXX; HOYLAND 2001, p. 175). Tomb robbers would have to pull the shrouded corpses out from the small underground burial chambers to be able to strip them down. They could afterwards have left the remains on the surface to decay or even have burned the bones to use the ashes as fertilizer. The excavations documented an edifice of the PIR period where animal bones were incinerated, probably to this end. It was a practice which survived until recent times in the Gulf area (JASIM 2001, pp. 126, 131). Another explanation could only be envisaged if the site had been destroyed in a single military raid, something which seems probable in view of the above-mentioned siege of one of the two Mleiha fortresses and in view of the discovery of many items, including luxury objects and broken pottery in the latest levels of the other fort and of neighbouring buildings (MOUTON 1999, p. 28).

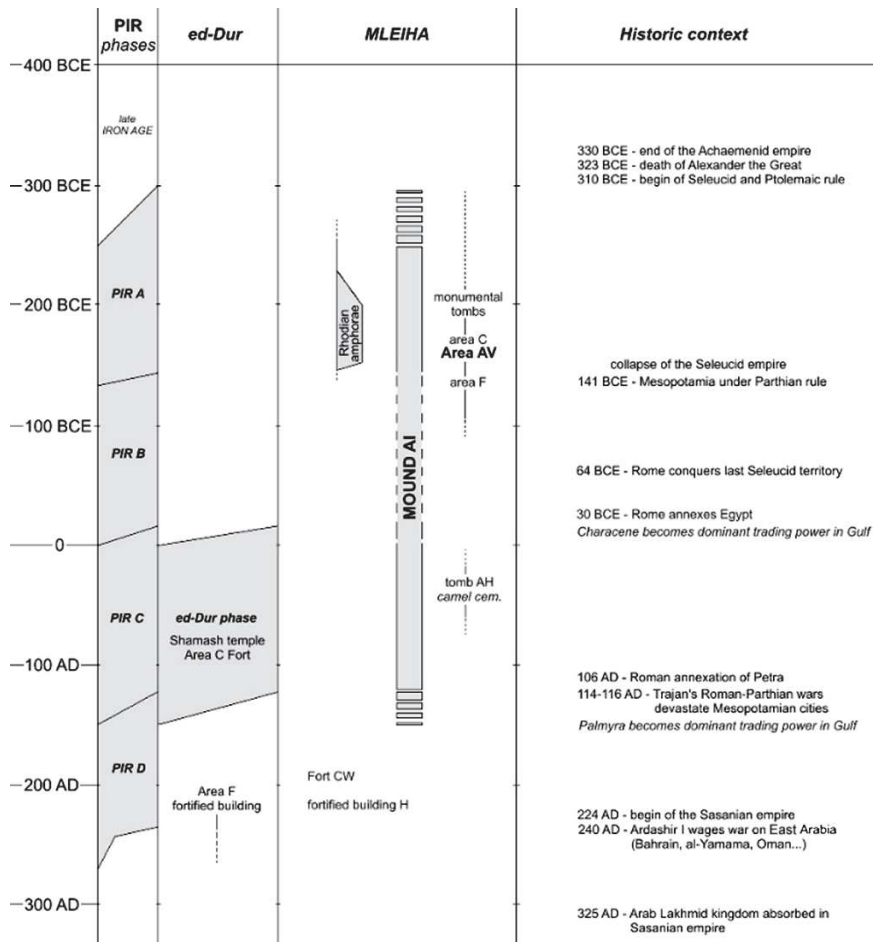
All these elements rather support the idea that a single dramatic incident has led to a sudden abandonment of Mleiha. It was documented on several occasions that the destruction of tombs and the deliberate dispersal of human bones was a manner to sever the ties between a population and its ancestral location, to almost literally uproot them. A displaced population could no longer motivate a return to their land claiming that they held the remains of their ancestors in need of ritual offerings. The Assyrian king Assurbanipal alluded to this in his annals about the destruction of the Elamite capital Susa in 646 BCE: “The sepulchres of their earlier and later kings, who did not fear Assur and Ishtar, my lords, (and who) had plagued the kings, my fathers, I destroyed, I devastated, I exposed to the sun. Their bones I carried off to Assyria. I laid restlessness upon their shades. I deprived them of food-offerings and libations of water”.

Punishing the deceased and targeting the ancestral roots is in line with the ancient Near-Eastern way of thinking (HENKELMAN 2011, p. 117). The Sasanians are also known to have exhumed bodies, but in this case for religious reasons. Zoroastrianism condemned burying in the ground (HERMAN 2010, pp. 39, 41-53). If the end of Mleiha could specifically be linked to a Sasanian incursion as part of the empire’s expansion policy, this is also a way to explain the complete disappearance of human bones, and not only of the valuable burial goods.

In any case, the visibility of the monumental as well as the more humble tombs at the surface made them easy to locate and an easy target to plunder, be it by straightforward looters or by religiously or politically-motivated enemies. At the moment we do not have human remains that can be linked to the PIR period at Mleiha. Some camel and horse burials, which sometimes surrounded the human interments as funerary offering, were found intact, some still with

valuable gold trappings, probably because these were simply not marked at the surface (JASIM 1999).

Table 1
Chronology of the Oman peninsula in relation to the historic events in the Near East with special reference to the archaeological sites of Mleiha and ed-Dur



Belgian Research: Surveys and Excavations

Belgian research focused on the chronology of SE Arabia and particularly on the transition from the Late Iron Age to the PIR-A period. Therefore, excavations started at two separate locations: in an habitation or industrial zone to the east of the fortresses (Area AI) and in the graveyard zone (Area AV with sectors P, Q and Z) (figs. 1 and 5).

AREA AI – THE HABITATION ZONE

The habitation Area AI was a low mound to the east of Fort 1, towards the edge of the graveyard area (fig. 2). It had been surveyed by the French mission in 1988 who had found several bronze and silver coins, but had not undertaken any excavations (MOUTON 1997, p. 66). In 2009 a test trench of 2 by 10 m revealed the first finds immediately below the surface. Within a small room, delineated by the remains of a single row of mud bricks, a bronze ladle was found next to fish bones, apparently the remains of a meal. The presence of sea fish at this inland site is not surprising, earlier excavations had documented the site's regular supply of dried or pickled fish from the Persian Gulf or sea of Oman (VAN NEER *et al.* 2013). A large oyster shell, a woven basket with bitumen, a bronze Abi'el coin and a Roman gem were found close by (HAERINCK & OVERLAET 2011a). In 2012 the excavations in Area AI resumed and extended to a total area of 306 m² with the aim to elucidate the stratigraphy of the site. The archaeological layer amounted to about 1.30 m but the whole area turned out to have been heavily disturbed by intensive use. The mud brick architecture was badly preserved and no coherent plans or reconstructions of structures were possible. The only exception was the lowest level where two small buildings were found, one roughly circular, the other more or less square, both delineated by a single row of mud bricks placed on the edge (fig. 3). The presence of *tannurs* or ovens and storage jars suggests these were simple cooking facilities. The whole area displayed an irregular pattern of post holes indicative of *barasti*-type dwellings. The use of mud bricks set on the edge at the base of such *barastis* may have been as protection from rodents or other animals, or simply to keep rain water out. It documents a modest use of mud brick in PIR-A dwellings. The ceramics indicated a general 3rd century BCE date for this earliest level at Area AI.

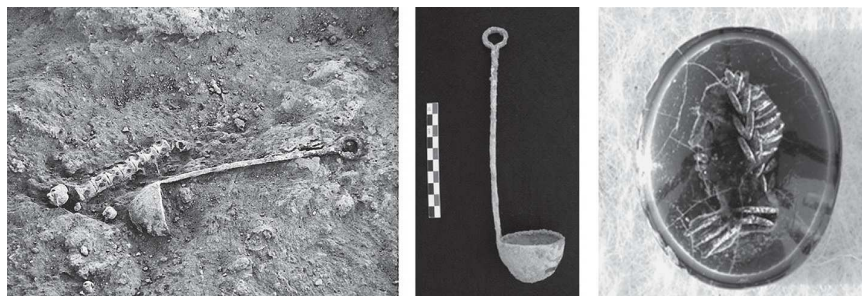


Fig. 2. — A bronze ladle left next to fish bones, the remains of a meal, in a small room of Area AI (left & centre) and a Roman gem found in the surface layer of Area AI.



Fig. 3. — Top left: *Barasti* made of wood and palm leaves (Abu Dhabi 1962). Top right and bottom: Area AI at the end of the 2012 excavations. Note the many post holes for the construction of *barasti*-type dwellings.

Among the small finds there were some unfinished softstone beads and spindles but nothing to suggest that this looked like anything on a semi-industrial scale. The area clearly was an habitation zone with *barasti*-type dwellings and, over time, some limited mud brick constructions. The later levels saw an increased presence of glazed and other imported luxury ceramics, illustrating the growing importance and wealth of the site (HAERINCK & OVERLAET 2016). It was only in the surface layer that next to these ceramics, also other luxury products appeared. This supports the hypothesis of a sudden abandonment of the settlement in times of danger.

AREA AV – THE GRAVEYARD

The second location where excavations started was further to the east of the site, in the graveyard Area AV (figs. 1, 5). Sector P was a low mound with some traces of gypsum bricks at the surface. Such bricks were, like regular mud bricks,

produced in moulds and sundried. They are more weather-resistant than mud bricks, however, and were known to have been used as outer wall facing and for decorations on some of the tomb towers of the PIR period. The excavations by the French team and the Directorate of Antiquities had documented the existence of tomb towers at Mleiha and their general chronological framework. Our goal was to study the earliest phase of their development and their distribution patterns to gain insight into the growth of the site and the interrelations between the various groups of monumental tombs that seemed to be characterized by cluster forming around the rim of the settlement. The approach was to extensively excavate one of the mounds and to survey the adjacent areas up to the next low mound using Ground Penetrating Radar. This would allow targeted excavations in the GPR-surveyed area.

Previous research had shown that the earliest type of monumental tombs at Mleiha consisted of a simple rectangular burial pit of about 1 by 2 m depth which was closed with beams and sometimes also matting and plaster. On top of this grave, a square tower-like monument was built (figs. 4-6). It effectively sealed the grave that was obviously intended for a single individual. None of these monuments is preserved more than 30-40 cm above the antique surface but fallen wall fragments indicate that they stood several metres high. Their outside had a white plaster coating and sometimes a small, low platform (often the size of a single square mud brick measuring 30 to 40 cm) was placed against the northern wall. Possibly it was used to place offerings. Gypsum bricks were sometimes used, either as outer lining or for the wall construction itself and for decorative ridges and stepped battlements or crowsteps (figs. 5-6). Mouton suggested that these early tomb towers were solid blocks with crowsteps mounted against the upper rim, in analogy with the so-called block tombs at Nabataean Petra. The Petra block tombs consisted of an underground burial chamber with a solid, cube-shaped rock monument next to its entrance. Later tombs at Mleiha had larger underground tomb chambers that could be re-used and which had an entrance adjacent to the tomb tower. The solid “blocks” of the early tomb towers

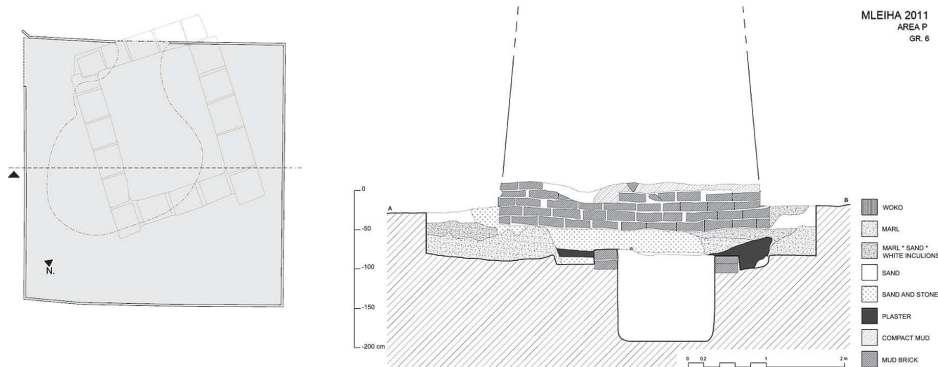


Fig. 4. — Top view and section of the monumental tomb no. 6 at sector P (drawing: A. Timmerman).

at Mleiha were then seemingly replaced by comparable monuments with a room or open space inside. The PIR-A tombs were dated by the often fragmentary remains left by the looters, among which there are sherds of glazed pottery and of Rhodian wine amphorae bearing stamps of the 3rd and the first half of the 2nd centuries BCE (MONSIEUR *et al.* 2013).

The Petra monuments, to which the Mleiha tombs are compared, are the monolithic block tombs or so-called *djinn* blocks, known to be among the oldest edifices at Nabataean Petra, dating from the 3rd century BCE. These free-standing monuments were originally solid blocks cut from the natural mountain rock, merely decorated with one or more rows of crowsteps/battlements above simple mouldings (on the history and significance of crowsteps, see RABABEH & AL RABADY 2014). They stood next to or above underground burial chambers which were entered from a vertical shaft next to the *djinn* block. Some were later re-used, however, and adapted by carving on decorative mouldings and hollowing out the interior to create burial chambers. It relates them to the later and better known “façade tombs” at Petra which are sculpted in the mountain side. The Petra facade tombs, also known from other Nabataean sites to the south such as Madain Salih, are a later development and can be dated by their stylistic characteristics (WADESON 2013). Since all the original underground burials chambers of the block tombs were looted, a precise date for their creation is difficult to establish, but the earliest archaeological material found in association to them suggests a 2nd to 1st century BCE date (MOUTON & RENEL 2012, p. 159). The concept of block tombs is also related to that of the tower-shaped funerary monuments found in the Syro-Mesopotamian realm, *e.g.* at Palmyra, Dura Europos and Hatra (COLLEDGE 1977, pp. 60-62).

Block tombs are not only known from Petra but were also discovered at another major site along the caravan routes, at Qaryat al-Faw in central Arabia (see fig. 1). A series of underground tombs were centred around or in association with massive (but now heavily weathered) square mud brick monuments. Crowsteps found in the associated rubble indicated that the visual concept would have been similar to the Petra block tombs. The Qaryat al-Faw mud brick monuments are linked to the earliest phase of the site and possibly date as early as the 3rd century BCE (AL-ANSARI 1981, pp. 20, 46-50; MOUTON 1997, p. 91, figs. 11-12; MOUTON & RENEL 2012, p. 159) but a more precise dating is at the moment not possible.

RECONSTRUCTING THE TOMB TOWERS

The excavations at Mleiha sector P revealed new insights into the construction and decoration of the monumental tombs and their relation with the Nabataean tombs at Petra and Qaryat al-Faw (fig. 5). Sector P revealed seven monumental tombs with a more or less square ground plan, varying in width from 3.20 to 3.70 m and five smaller pit graves dispersed between them (figs. 4-6). Although all these tombs were plundered, fragments of stone vessels,

iron weaponry and pottery securely indicated a PIR- A date. An amphora handle found next to tomb 1 had a rectangular stamp with a *kerykeion*, the Greek herald's staff, above the fabricant's name *Antimachos* whose production can be dated in the timespan between 188 and 150/147 BCE (MONSIEUR *et al.* 2013). A radiocarbon date obtained from a wooden beam that once covered the grave pit of tomb 5 provided a calibrated date of 384-233 BCE. Taking into consideration that it dates the wood and not its date of use in the tomb construction, it does confirm an early date for the sector P graveyard (KUTTERER *et al.* 2014).

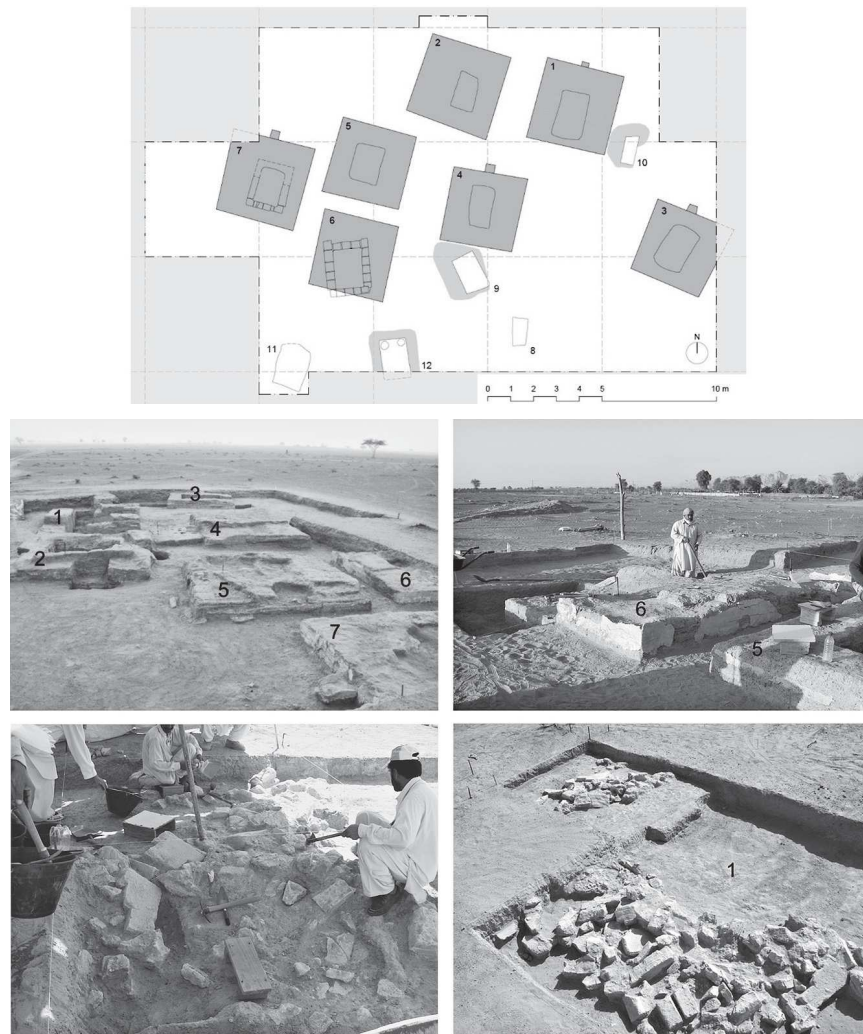


Fig. 5. — Sector P: plan (drawing: A. Timmerman) and views of the excavations. Note the debris of fallen gypsum bricks around tomb no. 1 on the lower photographs.

Tombs 1 and 2 at sector P were exceptional as they stood amidst a mass of fallen gypsum bricks and crowsteps/battlements (figs. 5-6). The other tombs may also have had crowsteps, but if so, they were probably made in traditional mud brick which could not have been preserved. The use of mud brick battlements has a long tradition in Arabian architecture and can still be seen in many variations on traditional buildings (fig. 7). Gypsum bricks may have been used because they were more weather-resistant, needing less upkeep or repair of the funerary monuments. The state of preservation of gypsum bricks was sometimes exceptional. Some of them still had crisp edges and even the imprint of the reed matting, on which they were placed to dry out during the production process, could often still be seen (fig. 6). Unfortunately, many others were broken or heavily weathered and completely crumbled when touched. The large number of fragmentary or decayed blocks makes the reconstruction of their original placement a speculative undertaking. However, the discovery of a collapsed part of the decoration of tomb 1 provided a breakthrough. It made it possible to reconstruct the original position of the ridges and battlements (fig. 6). The tomb had a single row of crowsteps above three layers of gypsum stones, the middle one with a protruding moulding. The distance between the tomb and the fallen wall fragment indicated that the monument stood originally at least 2.20 m high, but basing on the data from collapsed walls at other tombs at Mleiha (MOUTON 2008, p. 38), the height can be expected to have been at least the length of the side, *i.e.* about 3.50 m or more.

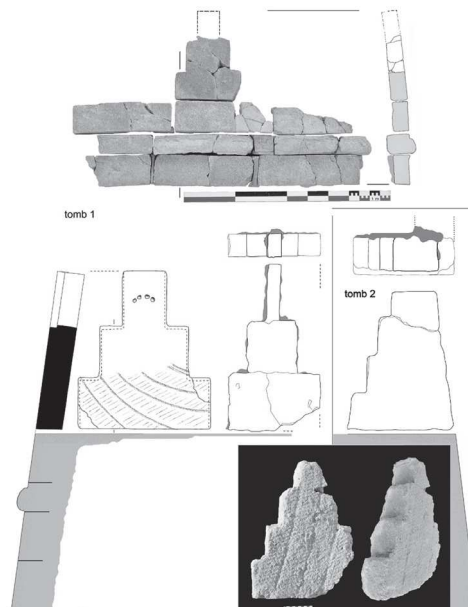


Fig. 6. — Fallen gypsum top border of the south side of tomb 1 and gypsum crowsteps with three steps from tomb 1 (left) and four steps from tomb 2 (right). Note the projected inclination of the crowsteps.

The discovery and distribution of gypsum bricks and crowsteps around the four sides of tombs 1 and 2 revealed important new information:

- The first observation was that there was an apparent lack of uniformity in the shape and size of battlements on the same tomb. Apart from the number of steps that was constant per tomb, three on tomb 1 and four on tomb 2, the details of the individual crowsteps can differ from one to another. It shows that they were not produced in one and the same mould. Tomb 1 had *e.g.* two narrow crowsteps at the south side which were visually very different (fig. 6, centre). It is imaginable that these could be later repairs of the monument, replacing originals that were somehow damaged or lost.
- The gypsum decoration consisting of a horizontal moulding between rows of bricks topped by crowsteps (fig. 6, top) stood on top of the mud brick construction.
- The distribution of the fallen debris around tombs 1 and 2 shows that an identical gypsum decoration ran around the four sides of the monument.
- The way gypsum plaster was smeared against the back of the gypsum bricks of the fallen wall fragment made it clear that they were freestanding and not placed against a wall. This can be compared to some of the Petra block tombs as they also had freestanding crowsteps on top (MOUTON 2010, pp. 279-281, figs. 5-6).
- Many of the crowsteps, including the corner ones, were originally tilting slightly backwards. This suggests the square monuments above the tombs narrowed towards the top, *i.e.* they had backward reclining walls. Reclining surfaces are something that is firmly rooted in the SE-Arabian building traditions. It is, for example, also found on 3rd millennium BCE Umm an

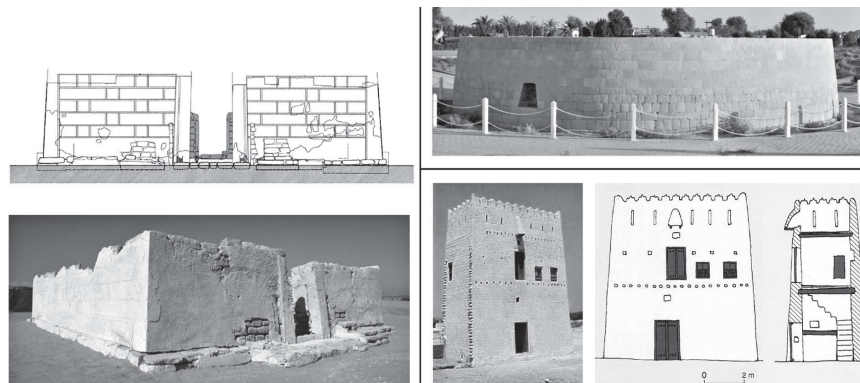


Fig. 7. — SE-Arabian monuments with reclining walls: 3rd millennium BCE Umm an Nar-type tomb at Mleiha (top right); 1st century AD temple at ed-Dur (left; after HAERINCK 2011, pls. 12 and B2); mud brick tower with inclined walls and battlements, 18th century AD summer residence at Falayah, Ras al-Khaimah (bottom right; after VELDE 2005, figs. 1, 13-14).

Nar-type tombs at Hili and Mleiha, and the 1st century AD temple at ed-Dur (HAERINCK 2011, 2012) to name but a few examples. It was until recently also a common characteristic of (watch)towers and defensive dwellings. Figure 7 shows an 18th century AD summer residence which illustrates this building tradition (VELDE 2005). The tower combined living and storage rooms with defensive elements (rooftop with crenelated wall, vertical firing slots and a hooded firing point). The use of inclined walls is different from the block tombs at Petra where natural rock did not need this stabilizing building technique. The Qaryat al-Faw monuments are heavily weathered and it is not clear whether these may have had reclining sides. They did have crowsteps but the details of these have not been published. As it stands, the inclined walls may very well be a SE-Arabian characteristic.

Conclusions and Ongoing Research

To investigate the distribution patterns of the graveyard it was decided to extend the research on sector P towards the east using an archaeological Ground Penetrating Radar prospection (VERDONCK et al. 2014). Four parallel 500 MHz GPR antennas, positioned by a Leica TS15 I robotic total station, were slowly towed behind a four-wheel drive car (fig. 8). In total, an area of around 1.1 ha was mapped in this way. Although heavy rainfall had a negative impact on the results and made it impossible to detect the more modest pit graves which are present between the monumental tomb towers and in between the clusters of towers (visible as low mounds), the square tomb towers stood out clearly on the processed images. The remains of at least eight monumental tombs, forming a low ridge in the landscape, can be seen immediately to the right of sector P on figure 8. Several more can be seen in a low mound at 100 m to the east of sector P (fig. 1: sector Z; fig. 8, top and right). Their excavation started in 2013 and will be continued in the fall of 2015. The insert of figure 8 demonstrates the detailed accuracy of the GPR results. The patches in the centre of the square monuments mark the areas that were dug by looters. Since the modest pit graves could not be recognized on the GPR images, several test trenches were dug between the low mounds P and Z (see fig. 1). Trench QA revealed a dense pattern of small graves, whereas trench QC, slightly more distant from sector Z, had two more widely interspaced graves. More trenches will be needed to complete this first impression about the distribution and density of this type of graves. The finds from the monumental tombs and pit graves of sectors P, Q and Z generally reflect the PIR-A period. Rhodian amphora stamps from the first half of the 2nd century BCE were found in sectors P and Z and in trench QC. Glazed wares imported from southern Mesopotamia, alabaster vessels of SE-Arabian origin and iron weaponry all fit this time frame, but our data are for the time being still too incomplete to allow a more precise dating.

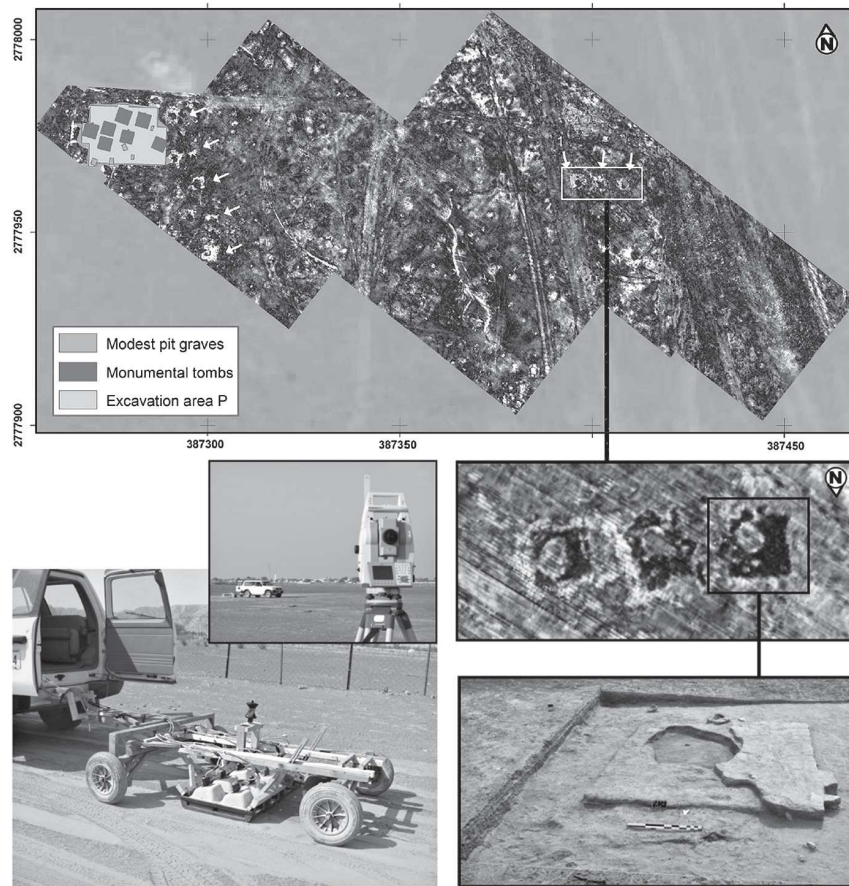


Fig. 8. — GPR survey of the area between low mounds P and Z (compare fig. 1) by towing antennas and using software which communicates with a robotic total station. The resulting plan reveals tomb towers next to sector P (indicated with white arrows); the insert shows traces of three funerary towers at mound Z, one of which is being excavated (production of top GPR image by L. Verdonck).

Research at Mleiha has allowed to develop some new ideas about the monumental tombs of the 3rd/early 2nd century BCE and the role of Mleiha in the Arabian caravan trade. The fieldwork will continue in the next few years to refine the chronology of the site and the role of SE Arabia in the Hellenistic/Parthian Near East.

NOTE

- [1] The 2009-2013 Belgian expedition by the Royal Museums of Art and History (RMAH), Brussels, and Ghent University was funded by both institutions, the FWO (Research Foundation – Flanders) and the IAP VII (Greater Mesopotamia: Reconstruction of its Environment and History) and worked in close collaboration with the Directorate of Antiquities of the Emirate of Sharjah, headed by Dr Sabah Jasim, whose support has been crucial for our research. The expedition was directed by B. Overlaet (RMAH) and E. Haerinck (Ghent Univ.), members of the team were engineer-architect A. Timmerman, draughtsman-photographer E. Smekens and archaeologists M. Coppejans, B. De Prez, M. Farjamirad, P. Pincé, T. Van de Velde, L. Van Goethem, C. Van Hecke and L. Verdonck. The research project has continued since 2014 as a collaboration between the Royal Museums of Art and History, Brussels, and the Directorate of Antiquities of the Emirate of Sharjah.

REFERENCES

- AL-ANSARI, A. R. 1981. *Qaryat al-Fau, A Portrait of Pre-Islamic Civilisation in Saudi Arabia*. — London, Croom Helm Limited; New York, St Martin's Press, 147 pp.
- BOUCHARLAT, R. & MOUTON, M. 1998. Les pratiques funéraires dans la péninsule d'Oman. Répartition et mode de construction des tombes de Mleiha (E.A.U.). — *In: PHILLIPS, C. S., POTTS, D. T. & SEARIGHT, S. (Eds.), Arabia and her Neighbours. Essays on prehistorical and historical developments presented in honour of Beatrice de Cardi*. Turnhout, Brepols, pp. 15-32.
- COLLEDGE, M. A. R. 1977. *Parthian Art*. — London, Paul Elek, xii + 200 pp.
- DALONGEVILLE, R. 1994. Mleiha: Physical study and palaeo-environment. — *In: Archaeological surveys and excavations in the Sharjah Emirate, 1993 and 1994, 7th interim report*, pp. 7-10.
- FRIFELT, K. 1969. Arkaeologiske undersøgelser pa Oman Halvoen. — *Kuml*, **1968**: 159.
- HAERINCK, E. 1998. The shifting pattern of overland and seaborne trade in SE-Arabia, foreign pre-islamic coins from Mleiha (Emirate of Sharjah, U.A.E.). — *Akkadica*, **106**: 22-40.
- HAERINCK, E. 1999. Abi'el, the ruler of Southeastern Arabia. — *Arabian Archaeology and Epigraphy*, **10**: 124-128.
- HAERINCK, E. 2011. Excavations at ed-Dur (Umm al-Qaiwain, United Arab Emirates). Vol. III: A Temple of the Sun-God Shamash and other Occupational Remains at Ed-Dur (Emirate of Umm Al-Qaiwain, UAE). — Leuven, Peeters, viii + 34 pp. + 137 pl.
- HAERINCK, E. 2012. The Temple at ed-Dur (Emirate of Umm Al-Qaiwain) and pre-Islamic cult in south-eastern Arabia. — *In: POTTS, D. T. & HELLYER, P. (Eds.), Fifty Years of Emirates Archaeology (Proceedings Second International Conference, Abu Dhabi/London)*, pp. 163-172.
- HAERINCK, E. & OVERLAET, B. 2011a. The Belgian Archaeological Excavations at Mleiha, Sharjah 2009. — *Sharjah Antiquities*, **13**: 54-57.
- HAERINCK, E. & OVERLAET, B. 2011b. The Belgian Archaeological Excavations at Mleiha, Sharjah 2010: Preliminary Report on the 2nd Season. — *Sharjah Antiquities*, **13**: 58-63.

- HAERINCK, E. & OVERLAET, B. 2016. Mleiha (Sharjah, U.A.E.): The 2009 & 2012 Belgian Excavations of Mound AI – Pottery and Chronology. — *Sharjah Antiquities*, **15**: 40-83.
- HAUSER, S. 2012. Wasser als Ressource: Palmyra als Territorialmacht. — *In*: KLIMSCHA, F., EICHMANN, R., SCHULER, C. & FAHLBUSCH, H. (Eds.), *Wasserwirtschaftliche Innovationen im Archäologischen Kontext*. Leidorf, Rahden/Westf., Verlag Marie Leidorf GmbH, pp. 211-224.
- HENKELMAN, W. F. M. 2011. Der Grabhügel. — *In*: WIESEHOFER, J., ROLLINGER, R. & LANFRANCHI, G. B. (Eds.), *Ktesias' Welt – Ctesias' World*. Wiesbaden, Harrassowitz Verlag, pp. 111-139.
- HERMAN, G. 2010. “Bury My Coffin Deep!” Zoroastrian Exhumation in Jewish and Christian Sources. — *In*: ROTH, J., SCHMELZER, M. & FRANCUS, Y. (Eds.), *Tiferet Leyisrael, Jubilee Volume in Honor of Israel Francus*, pp. 31-60.
- HOYLAND, R. G. 2001. Arabia and the Arabs. From the Bronze Age to the Coming of Islam. — London & New York, Routledge, xi + 324 pp.
- JASIM, S. A. 1999. The excavation of a camel cemetery at Mleiha, Sharjah, U.A.E. — *Arabian Archaeology and Epigraphy*, **10**: 69-101.
- JASIM, S. A. 2001. Excavations at Mleiha 1993-94. — *Arabian Archaeology and Epigraphy*, **12**: 103-135.
- KENNET, D. 2007. The decline of eastern Arabia in the Sasanian period. — *Arabian Archaeology and Epigraphy*, **18**: 86-122.
- KUTTERER, A., OVERLAET, B., MILLER, C., KUTTERER, J., JASIM, S. & HAERINCK, E. 2014. Late Pre-Islamic Burials at Mleiha, Emirate of Sharjah (UAE). — *Arabian Archaeology and Epigraphy*, **25**: 175-185.
- LYALL, C. J. 1918. *The Mufaddaliyat, an Anthology of Ancient Arabian Odes compiled by Al-Mufaddal son of Muhammad, according to the Recension and with the Commentary of Abu Muhammad Al-Qasim Ibn Muhammad Al-Anbari*. Vol. II: Translation and Notes. — Oxford, Clarendon Press, xxix + 389 pp.
- MADHLOOM, T. 1974. Excavations at Mleiha, Sharjah, EAU. — *Sumer*, **XXX**: 149-158.
- MONSIEUR, P., OVERLAET, B., JASIM, S. A., YOUSIF, E. & HAERINCK, E. 2013. Rhodian amphora stamps found in Mleiha (Sharjah, UAE): Old and recent finds. — *Arabian Archaeology and Epigraphy*, **24**: 208-223.
- MOUTON, M. 1997. Les tours funéraires d'Arabie, nefesh monumentales. — *Syria*, **74**: 81-98.
- MOUTON, M. 1999. Mleiha: présentation du site et périodisation / Mleiha: Description and Dating of the Site. — *In*: MLEIHA, I. (Ed.), *Environnement, stratégies de subsistance et artisanats (Mission archéologique française à Sharjah)*. Lyon, Maison de l'Orient et de la Méditerranée Jean Pouilloux, pp. 9-32.
- MOUTON, M. 2006. Les plus anciens monuments funéraires de Pétra: une tradition de l'Arabie pré-islamique. — *Topoi*, **14**: 79-119.
- MOUTON, M. 2008. La Péninsule d'Oman de la fin de l'Age du Fer au début de la période sassanide (250 av.-350 ap. JC). — *Society for Arabian Studies Monographs (BAR International Series 1776)*, **6**, 488 pp.
- MOUTON, M. 2010. The monolithic djin blocks at Petra: A funerary practice of pre-Islamic Arabia. — *In*: WEEKS, L. (Ed.), *Death and Burial in Arabia and Beyond. Multidisciplinary perspectives*. *Society for Arabian Studies Monographs (BAR International Series 2107)*, **10**: 275-287.
- MOUTON, M. & RENEL, F. 2012. The early Petra monolithic funerary blocks at Rās Sulaymān and Bāb as-Sīq. — *In*: MOUTON, M. & SCHMID, S. G. (Eds.), *Men on*

- the Rocks: The Formation of Nabataean Petra (Proceedings Conference, Berlin 2-4 December 2011). *Bulletin of Nabataean Studies*, **1** (Suppl.): 135-162.
- MOUTON, M., TENGBERG, M., BERNARD, V., LE MAGUER, S., REDDY, A., SOULIE, D., LE GRAND, M. & GOY, J. 2012. Building H at Mleiha: New evidence of the late pre-Islamic period D phase (PIR.D) in the Oman peninsula (second to mid-third century AD). — *Proceedings of the Seminar for Arabian Studies*, **42**: 205-222.
- OVERLAET, B. & HAERINCK, E. 2014. Monumental tombs along the Arabian Caravan Routes. — *Akkadica Supplementum*, **12**: 205-214.
- POTTS, D. 2008. The Sasanian Relationship with South Arabia: Literary, Epigraphical and Oral Historical Perspectives. — *Studia Iranica*, **37**: 197-213.
- POTTS, D. 2009. The Archaeology and Early History of the Persian Gulf. — In: POTTER, L. G. (Ed.), *The Persian Gulf in History*. New York & London, pp. 27-56.
- RABABEH, S. & AL RABADY, R. 2014. The crowsteps motif in Nabataean architecture: Insights into its meaning and use. — *Arabian Archaeology and Epigraphy*, **25**: 22-36.
- VAN NEER, W., WOUTERS, W. & MOUTON, M. 2013. Evidence of sun-dried fish at Mleiha (S.-E. Arabia) in antiquity. — *Arabian Archaeology and Epigraphy*, **24**: 224-231.
- VELDE, C. 2005. The Residence of Falayah. — In: HELLYER, P. & ZIOLKOWSKI, M. (Eds.), *Emirates Heritage. Vol. 1: Proceedings of the 1st Annual Symposium on Recent Paleontological and Archaeological Discoveries in the Emirates, Al Ain*, pp. 88-100.
- VERDONCK, L., HAERINCK, E. & OVERLAET, B. 2014. GPR survey to explore social stratification in a pre-Islamic burial area at Mleiha, Sharjah (United Arab Emirates). — In: LAMBOT, S., GIANNOPOULOS, A., PAJEWSKI, L., ANDRE, F., SLOB, E. & CRAEYE, C. (Eds.), *Proceedings of the 15th International Conference on Ground Penetrating Radar (GPR 2014)*, Brussels, June 30-July 4, 2014 (e-publication: IEEE Xplore Digital Library, IEEE Conference Record Number 35163).
- WADESON, L. 2013. The development of funerary architecture at Petra: The case of the façade tombs. — In: MOUTON, M. & SCHMID, S. G. (Eds.), *Men on the Rocks: The Formation of Nabataean Petra* (Proceedings Conference, Berlin 2-4 December 2011). *Bulletin of Nabataean Studies*, **1** (Suppl.): 167-188.

Archaeological Research in the Equatorial Forest in the Democratic Republic of Congo*

by

Els CORNELISSEN**

KEYWORDS. — Museum Collections; River-bound Surveys; Congo Basin; Pottery; Flaked and Polished Stone Artefacts.

SUMMARY. — Equatorial forests are often considered as inhospitable for humans and their ancestors as well as for archaeological research. Though that perception is changing, the archaeological record in the Democratic Republic of Congo remains scanty. A reassessment and especially georeferencing of old museum collections offers an interesting option despite a number of caveats. Collections accumulated during the colonial era consist primarily of chance finds of flaked and polished stone implements and to a lesser extent of ceramics. At the time these were considered as too recent for assessing the past. Pottery, nevertheless, has since proven to be fundamental for reconstructing 2,500 years of occupation in the Inner Congo basin where lithic artefacts are rare. In the eastern part of the forest in DR Congo stone artefacts predominate among the chance finds as well as in excavated assemblages. The current state of affairs provides an incentive to continue river-bound surveys and to initiate fieldwork in collaboration with forestry projects focusing on the impact of human activities on the ecosystem.

TREFWOORDEN. — Museumcollecties; Prospecties langs rivieren; Congobekken; Aardewerk; Gepolijste en bewerkte stenen artefacten.

SAMENVATTING. — *Archeologisch onderzoek in het evenaarswoud in de Democratische Republiek van Congo.* — Het evenaarswoud wordt vaak als ongestuurd beschouwd zowel voor de mens en zijn voorouders als voor het archeologisch onderzoek. Die perceptie verandert stilaan, maar in de Democratische Republiek van Congo ontbreken de nodige gegevens voor het uittekenen van de geschiedenis van menselijke bewoning. Een hernieuwde kritische studie met vooral het georeferenceren van oude museumcollecties biedt een interessante piste. Die verzamelingen ontstonden tijdens de koloniale periode, en bestaan voor het grootste deel uit toevalsvondsten van gepolijste en bewerkte stenen artefacten en in veel mindere mate van aardewerk dat indertijd als te recent beschouwd werd voor een reconstructie van het verleden. Vaatwerk blijkt echter het fundament voor een 2 500 jaar lange bewoningsgeschiedenis in het centrale Congobekken terwijl lithisch materiaal er zo goed als afwezig is. In het oostelijke woud in de DRC domineren stenen

* Paper presented at the meeting of the Section of Human Sciences held on 18 November 2014. Text received on 2 March 2015 and submitted to peer review. Final version, approved by the reviewers, received on 20 August 2015.

** Cultural Anthropology and History, Heritage Studies, Royal Museum for Central Africa, Leuvensesteenweg 13, B-3080 Tervuren (Belgium).

werktuigen de oppervlaktevondsten en de opgravingen. De huidige stand van het onderzoek nodigt uit om de prospecties langs rivieren verder te zetten, en om veldwerk uit te bouwen in het kader van bosbouwprojecten die een evaluatie van de impact van menselijke activiteit op het ecosysteem beogen.

MOTS-CLES. — Collections muséales; Prospections du réseau fluvial; Bassin du Congo; Céramique; Artéfacts en pierre taillée et polie.

RESUME. — *Recherches archéologiques en forêt équatoriale en République Démocratique du Congo.* — Les forêts équatoriales sont souvent considérées comme peu accueillantes, tant pour l'homme et ses ancêtres que pour la recherche archéologique. Cette perception est en train de changer, mais en République Démocratique du Congo les données sont encore insuffisantes pour reconstituer l'histoire de l'occupation humaine. Réexaminer et surtout géoréférencier les anciennes collections muséales représente un moyen d'y remédier. Ces collections, accumulées lors de la période coloniale, sont issues en grande partie de trouvailles fortuites et contiennent avant tout des artéfacts en pierre taillée et polie, au détriment de la poterie, considérée à l'époque comme trop récente pour reconstituer le passé. Néanmoins, il s'avère précisément que la céramique a permis de reconstituer 2 500 ans d'histoire dans la Cuvette centrale, tandis que la composante lithique *in situ* en reste quasi absente. C'est en effet le contraire de ce qui se présente dans la partie orientale du bloc forestier en RDC, où prédominent les artéfacts en pierre taillée. Cet état de nos connaissances incite à poursuivre les prospectives le long du réseau fluvial et à promouvoir celles menées en interaction avec des projets de foresterie destinés à identifier l'impact de l'activité humaine sur l'écosystème.

1. Equatorial Forest as a Barrier to Migrations and Surveys?

The fascination for the impact of the equatorial forest on past and present human population patterns has taken on many forms in Central Africa. The effect on the broad question of evolution (MERCADER 2002, 2003; CORNELISSEN 2013) provides one focus. A second issue — the settling of farming communities — is often viewed through the lens of questions involving the Bantu expansion (EGGERT 2014, DE MARET 2013 for general introductions and overviews). The current symbiosis between 'Pygmy' hunter-gatherers and mostly Bantu-speaking horti- and agriculturalists in the rainforest has been interpreted in a context that assumes that hunter-gatherers might not have been able to live off forest resources prior to the introduction of cultivated plants, which insured access to sufficient energy-rich food for several months a year. This observation has challenged the view that Pygmies were direct descendants of prehistoric forest-based hunter-gatherer communities.

Of course on this broad timescale, the history of the forest itself remains crucial (MERCADER 2002; 2003, pp. 1-31). The concept of a primeval uniform biome inherited from a far distant past has long made way for the concept of a biome composed of a range of forest types, which like any other environment has experienced the impact of climate change (brief overview in CORNELISSEN 2013, pp. 404-406 and EGGERT 2014, pp. 183-185, see also MORIN-RIVAT *et al.* 2014).

Though empirical data and a substantive ecological record covering the entire region are not yet available, the perhaps oversimplified hypothesis of the fragmentation of the dense forest into forest refugia during periods with less precipitation or dry climate conditions and subsequent expansion during more moist conditions is generally accepted. At a minimum it is assumed that the floral composition of the forest changed in response to changing climatic conditions.

A fragmented forest would provide savanna corridors facilitating access for hominid and human communities. The more open environment might also have been similar to the original habitat of the groups migrating into and through the forest and thus would not necessitate a dramatic change in their subsistence strategies. The hypothesis of forest refugia has also been invoked to explain the isolation of human communities, for instance, in the debate on the genetic relationship between the eastern and western Pygmy communities during the Last Glacial Maximum, their short stature and subsistence strategy (BATINI *et al.* 2011, pp. 1100, 1107). In this scenario an ancient population would have been spread over the entire rainforest and become isolated into multiple groups when the forest itself fragmented into refuges during the Last Glacial Maximum. Such a separated population would have continued to evolve into two related branches and in the later Holocene interacted with newly-arriving farmer populations. In this specific case, corridors would not have encouraged migrations, but rather acted as barriers. The retreating and expanding forest also provides a backdrop on the timing and mechanisms of the expansion in the Late Holocene of agricultural practice, of pyrotechnology (pottery and iron metallurgy) and of the distribution of Bantu languages over the vast area currently covered by forest (BAYON *et al.* 2012, EGGERT 2014).

Reconstructing the vegetation history of the equatorial forest and documenting population dynamics both suffer from a lack of data due to the poor preservation of organic matter in acid forest soils. While plant material such as phytoliths, charcoal and charred macro-fragments may survive, unfortunately such is not the case for animal and human bone. This fact explains the enormous impact genetic studies had over the last decades in reconstructing population dynamics based on current population patterning. Genetics certainly offers an important source of information, but this is often dependent on accurate and independent dating evidence for which the archaeological record remains pivotal.

The current extension and composition of the equatorial forest also has consequences for conducting archaeological fieldwork. The sometimes very dense and closed vegetation renders pedestrian surveys difficult, and makes concentrations of flaked stone or landscape features such as man-made mounds, hard to recognize. Apart from various chance finds, including those made during large-scale earthworks for mining, there are fortunately alternatives that have proven to be very successful in this environment. These include river-bound surveys and a combined approach of archaeology and forestry.

Vegetation maps such as the one presented in figure 1 pose two problems. First, they are highly oversimplified, reducing various types of both forest and savanna into two broad categories. Second, they do not reflect past vegetation. The only assumption that can be made for older phases is that under similar humid climatic conditions the zone currently under forest serves as a rough proxy.

The archaeological record in the equatorial forest in DRC, as explained below, has substantially improved since the late 1970s, but the pre-1970s situation is interesting in light of some of the questions noted above. Collections and archives of the Royal Museum for Central Africa at Tervuren, Belgium (RMCA) are utilized here to construct an archaeological map. This paper focuses on the historical as well as current practices of conducting fieldwork in the equatorial forest and more specifically on the contribution and significance of old museum collections.

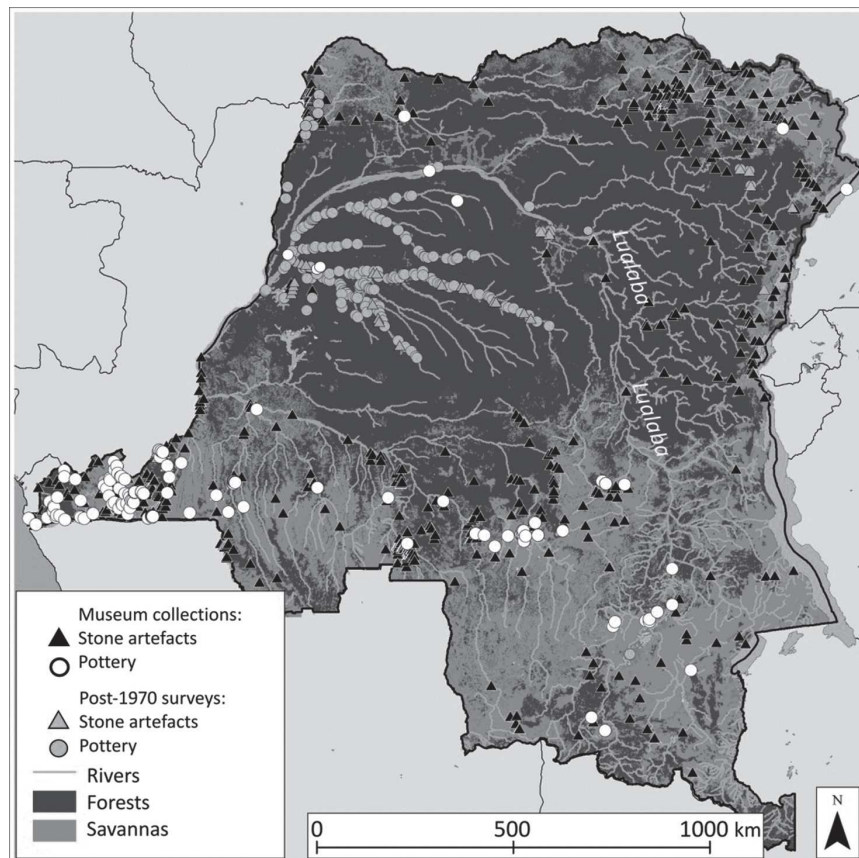


Fig. 1. — Map of DRC showing the distribution of archaeological sites in forests and savannas (© RMCA).

2. Origin and Sources of the Archaeological Map of the Equatorial Forest in DRC

2.1. THE POTENTIAL OF MUSEUM COLLECTIONS

A first step in order to assess the potential of an area for interpreting past population patterns is to draw a map that incorporates available data. Despite the fact that surface finds lack an established chronological and cultural context, isolated stone artefacts and pottery sherds remain an indication of past activities. As such they provide a first source for developing working hypotheses. The pre-1960s collections and by extension the archives of the Royal Museum for Central Africa (RMCA) contain undated chance finds accumulated over the last century that come predominantly from the Democratic Republic of Congo. The then Museum of Belgian Congo [1]* encouraged people residing in the colony for various non-archaeological reasons — missionaries, administrators, mining companies, road and railway constructors — to collect. The Ministry of Colonies also commissioned surveys in order to enrich the collections. Two of these large surveys were conducted by M. Bequaert who was in charge of the Section of Anthropology and Prehistoric Sciences from 1937 to 1958. At the southern fringes of the forest in the mining area of the Kwango and Kasai, he excavated at various sites and obtained a number of prehistoric artefacts collected and curated by mining companies and individuals. These materials as well as those from the area south of 4° S, have only been recently screened by the RMCA for lithic material, but not for pottery and therefore are not included in the overview below. For an extensive bibliography of Bequaert on his fieldwork, the reader is referred to <http://www.african-archaeology.net/biblio/bibliordc.html>.

Sites from these early museum collections are in the process of being geo-referenced and re-examined for their content. This is an institutional, but time-consuming project. To date, approximately 60% have been screened and although exceptions cannot be precluded, the broad picture they offer will probably not be significantly altered; most sites documented in the old museum collections yielded lithic artefacts, are located in the southern savanna-forest mosaic and at the eastern edge of the equatorial forest in DRC, and thus outside of the forest per se (see fig. 1). The very weak presence of pottery in the museum collections is to some extent explained by the then current definitions of prehistory, protohistory and ethnography. The latter discipline focused “on the inhabitants at the time of their discovery by Europeans, prehistory on traces left by humans having lived there before the local protohistorical and historical periods” (between “ ” translated from BEQUAERT 1952, p. 47: “*III. L’ethnographie et la préhistoire congolaises. Les deux sciences ont leur domaine propre. La première considère surtout les habitants du Congo à l’époque de la découverte*

* Numbers in brackets [] refer to the notes, p. 295.

par les Européens; la seconde relève et étudie les vestiges laissés par les humains établis dans cette contrée avant les époques locales protohistorique et historique”). From the perspective of the RMCA, pottery held an intermediate position between prehistoric and ethnographic collections. Often, but not systematically, artefacts found in the ground ended up in the prehistoric collections while items found with or bought from local people were integrated into ethnographic collections. Polished axes were considered a true mixture of both (BEQUAERT 1952, p. 47); their manufacturing was regarded as Neolithic and therefore suited for the prehistoric collections while the then contemporary practice of manipulating them as charms was seen as part of the ethnographic record.

2.2. POST-1970 SYSTEMATIC SURVEYS IN THE FOREST

After 1960, archaeological research was transformed and shifted towards international and multidisciplinary campaigns that included major dating components, the goal of which was to establish an empirical chronological and cultural framework based on field data. Extrapolation from a European based and hence biased pre-, proto-, and historical sequence was de-emphasized. One reason for this is the difficulty of fitting the Central African data into a European-derived framework. An illustration of this is the term Neolithic. In Europe it evokes an image of sedentary village communities practising agriculture and animal husbandry and to some extent also relying on hunting and gathering, and producing pottery and polished stone implements. The debate on whether or not all elements need to be present is particularly thorny in the equatorial forest where organic material such as animal bone as the main source for identifying domesticates or any animal food is not preserved in the acid tropical soils. While plant remains stand a better chance of survival, presumed staple foods such as yams and other tubers leave little to no recognizable traces. As will be apparent from the analysis below, even the most resistant feature of the archaeological record — stone implements — plays hard to get in the forested environments of DRC. Pottery finds continue to accumulate and have become the best guide in identifying sites in forested environments, but the oldest of these assemblages are rarely associated with flaked or polished stone or with metal implements. Hence there is no consensus among archaeologists working in the forest on the cultural affiliation of the oldest pottery groups and their linkage with either lithic or metal-defined industries. OSLISLY *et al.* (2013) defined their Group 2 as “Neolithic” dating between the second half of the second millennium to the first century AD on the coast of Gabon and Congo. They argued that the term “Neolithic Stage” explained best “the phase between the Late Stone Age and the Early Iron Age where people started to become sedentary, worked and polished stone tools, and made the first pottery. They used stone hoes and axes to create the first forms of slash-and-burn agriculture, which likely represented the first impacts on the forest.” DE MARET (2013) used the concept of a “From

Stone to Metal Age” whereas EGGERT (2014, p. 187) saw this as no alternative to the term and concept of “Neolithic” because the end of the Stone Age and the beginning of the Iron Age are equally undefined and in need of further research, so a transitional phase is at best premature. Both he and WOTZKA (1995, see also KAHLHEBER *et al.* 2014) considered the oldest pottery group in the Inner Congo-Basin as Early Iron Age, dating to the second half of the first millennium BC or between 400 and 200 BC.

Uncertainty regarding the nature of the “Neolithic” and examination of the numerous polished implements that had accumulated in the collections of the RMCA from the northern parts of the forest (VAN NOTEN 1968), led F. Van Noten (responsible for the former Section of Prehistory and Archaeology from 1968 until 1987) to conduct an overland survey in the winter of 1972-1973. His survey was commissioned by the then newly-founded *Institut des Musées nationaux du Congo* (IMNC) and its goal was not to enrich the collections in Tervuren, but to look for sites that could be dated and excavated in order to understand the background of the many polished implements both in the Ubangi and the Uele region (fig. 2). The questions of early migrations and if the forest was colonized prior to farming communities subsequently provided the incentive for J. Mercader to prospect from 1993 to 1995 for rock shelters north of Epulu in the Ituri forest. He located over fifty sites in an 8.5 km² area and eventually test-excavated ten rock shelters (MERCADER 2002, p. 94). Combining phytolith-based environmental reconstructions with analysis of archaeological material, he firmly established that Later Stone Age communities producing a microlithic industry on quartz lived here in a forested environment at the end of the Pleistocene some eighteen thousand years ago and that they continued to do so during the Holocene (MERCADER 2003, MERCADER *et al.* 2000, 2001).

A turning point in the archaeological exploration of the equatorial forest in the Inner Congo Basin in DRC was the river-bound surveys conducted by M. Eggert between 1977 and 1987 (EGGERT 2014 and references therein). As the map in figure 1 (see also WOTZKA 1995 & <http://www.fstafrika.phil-fak.uni-koeln.de/9199.html?&L=1>) shows, the area contained multiple pottery bearing sites stretching along all the rivers prospected. The rich river network in the equatorial forest provided a means of access for archaeological survey, navigating upstream as far as possible, with land-based excursions where the riverbanks were high enough. In the villages people were interviewed and recent cuts in the landscape, including pits dug for various purposes, were inspected for pottery. Samples thus collected were studied on board and during the return downstream from the end point on the chosen river. Test pits were dug in the villages where the most promising finds were identified. More than 4,000 km were covered this way (EGGERT 1987, 1992, 1993, 2005, 2014; WOTZKA 1995). A team led by Wotzka is currently continuing the study and analysis of their finds collected between 1977 and 1987 (KAHLHEBER *et al.* 2014) as well as initiating new archaeological and especially archaeobotanical research in the Inner

Congo basin to further establish the environment at the time of the occupation and its potential for subsistence-related activities. Because of this successful river-bound approach the section of Heritage Studies of the RMCA took part in the Boyekoli Ebale Congo River expedition in 2010. We had the opportunity of locating sites on the lower Lomami, Itimbiri and Aruwimi rivers (LIVINGSTONE *et al.* 2011), and during a follow-up small-scale survey in 2013 also on the Lindi-river north of Kisangani (CORNELISSEN *et al.* 2013).

The search for anomalies in the forest vegetation provides another means to identify past human activities. This technique has been successfully applied in locating sites in the Lopé reserve and the Chaillu massif in Gabon using *Aucoumea klaineana* (OSLISLY & WHITE 2003, p. 82). In recent years, it has come to be realized that understanding past anthropogenic and climatic influences on the tropical forest has relevance for developing policies for sustainable forestry management (for an illustration of this, see www.CoForchange.eu). The combination of archaeology and archaeobotany has proven particularly successful in reconstructing forest history in southern Cameroon and the northern Republic of Congo (MORIN-RIVAT *et al.* 2014) and for documenting past population patterns.

Based on both past research and research now in progress, the archaeology of forest in DRC can be subdivided into two broad regions, to the east and to the west of a line running from 25° E in the north and following the course of the Lualaba river to the south (see fig. 1). The eastern half includes the Ituri forest, the western half the Congo river and its northern tributaries as well as its southern tributaries in the Inner Congo Basin.

While from one perspective this subdivision is arbitrary and archaeologically irrelevant, the distinctions do reflect the difference in survey strategies. The western half is documented by a combination of museum collections and river-bound surveys whereas in the eastern half the archaeological record comes from museum collections and pedestrian surveys. Museum objects collected in the course of mining activities constitute a significant portion of assemblages in the eastern half of the forest, but less so in the western part as is explained below. Also, the museum collections are in the process of reassessment and for the eastern half there is more information available at this time.

3. Archaeological Sites in the Forest East of the Lualaba River

3.1. STONE ARTEFACTS

In the northeastern segment of the equatorial forest three hundred and nine find spots from the museum collections have been analysed in detail and together with the few well-documented, excavated and dated sites provide a foundation to reconstruct Late Pleistocene population dynamics (CORNELISSEN 2016). The collections contain predominantly easily recognizable stone implements such as

the polished axes in hematite (fig. 3), which were among the first finds reported from the area (STAINIER 1899). They were named Uelian after the river that crosses through the region (on the Uelian, see VAN NOTEN 1968, 1982). In an attempt to reconstruct the context of these exquisite polished hematite implements F. Van Noten excavated along the small Buru-river in 1972 in an area where many of these polished artefacts had been found (fig. 2). Charcoal found amidst an assemblage of hematite debris, iron slag and *tuyères* was dated to the seventeenth to nineteenth century (VAN NOTEN & VAN NOTEN 1974). According to Van Noten this date corroborates the ethnographic observation that in the early twentieth century elderly people in the area remembered the activity of stone polishing (DE CALONNE-BEAUFAICT 1921, p. 136). However, the date remains uninformative on the ancient origins of the technology.

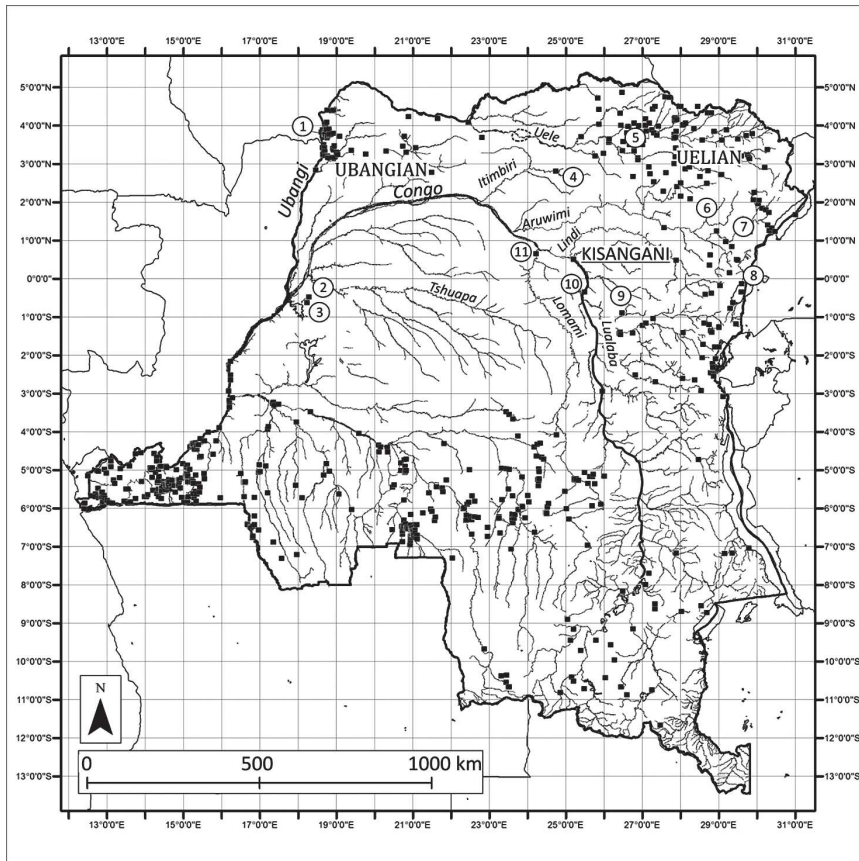


Fig. 2. — Map of DRC showing locations of stone artefacts in the collections of the Royal Museum for Central Africa (RMCA) and sites mentioned in the text: 1. Motenge-Boma, 2. Bokala, 3. Mooto, 4. Buta, 5. Buru, 6. Ituri rock shelters, 7. Matupi, 8. Semliki valley, 9. Angumu, 10. Ebiutuku and 11. Lileke (© RMCA).



Fig. 3. — Polished Uelian implements, found in northeastern DRC and stored in the RMCA collections. Line-drawings from VAN NOTEN 1968. Left: figure 1 (19.1 × 5.3 × 4.0 cm). Right: top figure 23 (12.1 × 4.4 × 3.3 cm) and bottom figure 21 (7.8 × 5.7 × 3.3 cm) (photos © RMCA).

Bored stones or *kwés* (fig. 4), hammer- and grindstones, large bifacially-flaked tools including foliates are also present as well as a number of unspecified but clearly flaked stone artefacts (CORNELISSEN 2016). In individual locations only rarely was flaking debris or more than one artefact collected. Many of the collections were made during the intensive mining operations that took place in the eastern part of DRC at the end of the nineteenth century. A map showing the extent of the mining concessions and permits for explorations in existence on June 30, 1960 (GILSOUL & MASSART 1962) (fig. 5) reveals that these are concentrated in the eastern and southern parts of the Belgian Congo to the east of the Lualaba river, and that the area including the Inner Congo basin west of the Lualaba river was closed for public mining prospection. This explains the use of the Lualaba river as an artificial division in the discussion here.

Although the undated finds include bifacial implements that can be considered Lupemban (fig. 6), chronological context is lacking. Sites attributed to the Lupemban have been dated elsewhere to anywhere between the Middle to the Later Pleistocene, or from more than two hundred fifty thousand to twelve thousand years ago (TAYLOR 2011) (fig. 7). There is, however, a general consensus to consider the Lupemban as a Middle Pleistocene Middle Stone Age industry rather than a Later Pleistocene Late Stone Age complex.



Fig. 4. — Bored stones from northeastern DRC, decorated (rare) (left, Ø: 10 cm, H: 5.1 cm) and undecorated (right, Ø: 14.1 cm, H: 8.9 cm). Both were found during mining activities in the Kilo-Moto area and are stored in the RMCA collections (© RMCA).

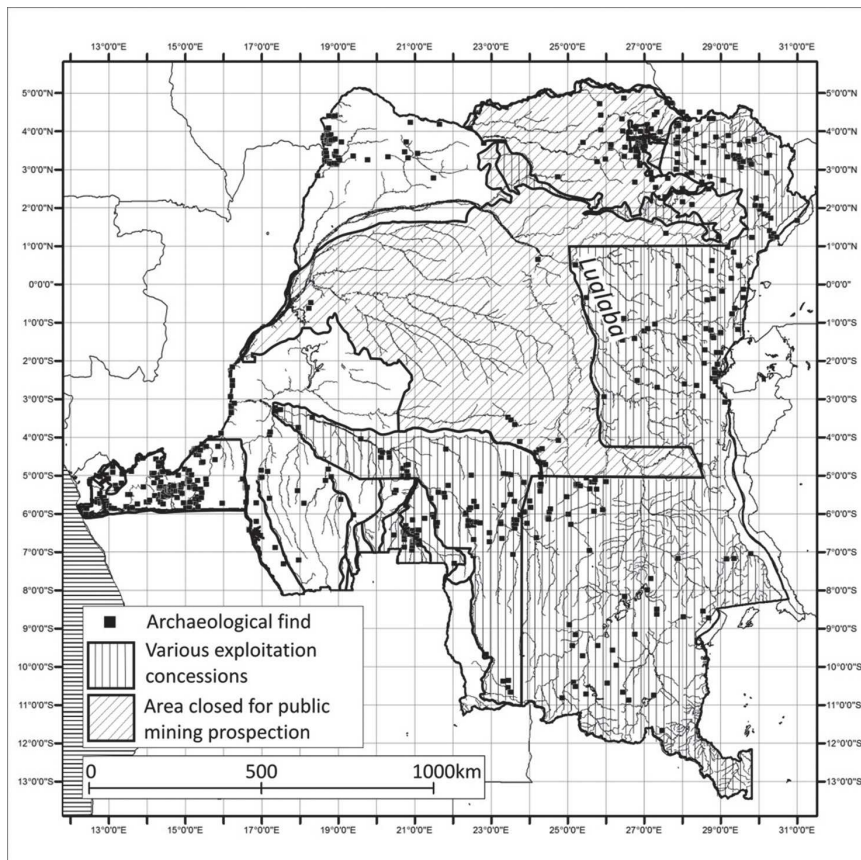


Fig. 5. — Map of DRC showing the extension of mining concessions in 1960, simplified after GILSOUL & MASSART 1962. Legend: author's translation of 'Concessions d'exploitation – Uitbatingconcessies' and of 'Région fermée à la prospection publique des mines – Voor openbare mijnprospectie gesloten gebieden'.



Fig. 6. — Bifacially-flaked implements of Lupemban affiliation, including lanceolates, all found during mining activities on the Lusimbe river, except for the lower, left, which was found in the Minindi valley, DRC, RMCA collections (© RMCA).

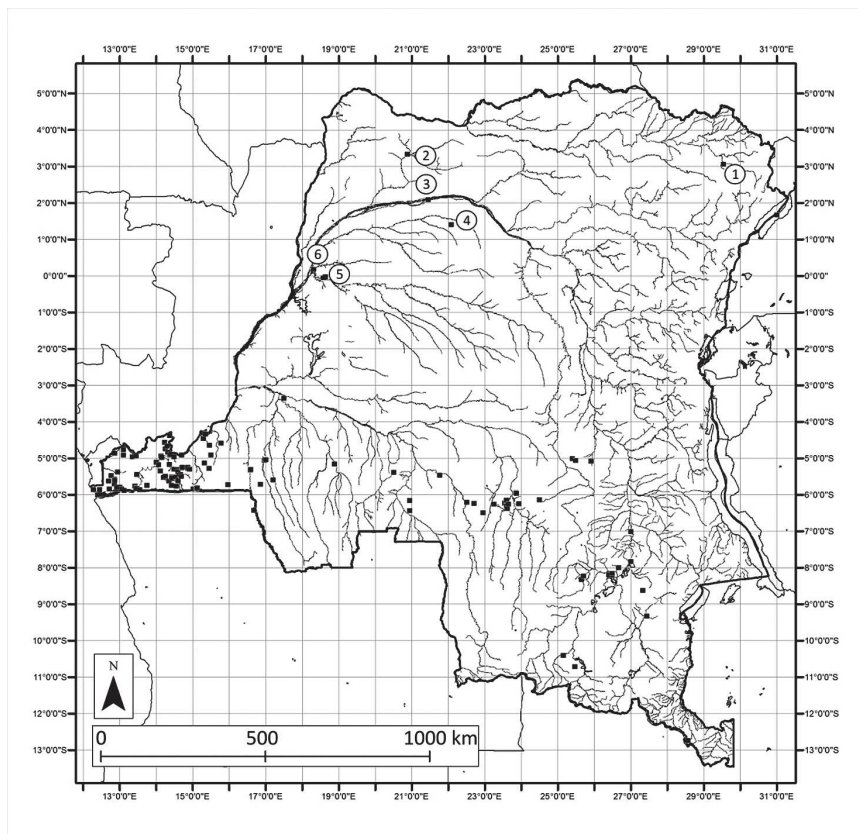


Fig. 7. — Map of DRC showing locations of pottery stored in the collections of the RMCA and sites mentioned in the text: 1. Watsa, 2. Businga, 3. Gundji, 4. Bolofa, 5. Bokuma and 6. Eala (© RMCA).

A comparison of distribution patterns indicates that the area in which bifacially-trimmed Lupemban-like lanceolates are found is larger and penetrates deeper into the forest to the west than that which contains dated and undated Later Stone Age microlithic quartz assemblages (CORNELISSEN 2013 and references therein, 2016). All these latter sites appear restricted to the eastern region — east of 28°E and between 2°N and 3°S. The fact that there are proportionally fewer quartz assemblages among the chance finds can be explained by their low visibility to the untrained eye. However, the absence of bifacially-flaked implements or Lupemban artefacts among the dated and excavated assemblages is harder to explain. Another clear fact is that the microlithic quartz assemblages are in use at the end of the Pleistocene. All the key sites in the Ituri forest (MERCADER 2003, VAN NOTEN 1977) and in the nearby Semliki valley at Ishango (DE HEINZELIN DE BRAUCOURT 1957, BROOKS & SMITH 1987) continued to be occupied during the Holocene despite hiatuses in sedimentation and in accumulation of artefacts. During these periods of occupation the environment went through a variety of climat-induced changes; at Matupi the open vegetation graded into forest sometime between fourteen thousand and three thousand years ago (VAN NEER 1989).

3.2. POTTERY

Pottery is not particularly well documented in the eastern forested area (figs. 1 and 7). In the museum collections there is only one instance so far reported and the circumstances of discovery are far from clear. For the few pottery sherds accessioned by the RMCA in 1931, the register only mentions that they were exported from Watsa (PO-15107). An exchange of letters in 1936 between J. Colette of the Museum and Gerard, the territorial administrator at the time, did not yield any additional information. Rather, doubt was cast on whether these sherds in fact were sent through Watsa. Their cultural affiliation is under analysis. At the few excavated and dated rock shelter sites north of Epulu in the Ituri forest, the pottery is of relatively recent date. Three radiocarbon dates yield an age of around 1000 BP for the earliest occurrence of pottery (MERCADER *et al.* 2000, p. 167). Various decoration styles include a geometric design made by both carved wooden and flexible roulettes (MERCADER *et al.* 2000, p. 171) concentrated on the upper third of the vessels, mostly on the outer surface. Stylistic parallels for this Late Iron Age ware (MERCADER *et al.* 2000, p. 172) are to be found in the unpublished upper layers of the Matupi cave (fig. 8) and further east in Uganda, but they do not seem to bear any resemblance with the western styles identified in the Inner Congo Basin.



Fig. 8. — Late Iron Age decorated sherds found in the top layers of the Matupi Cave, DRC. The decoration on the small sherd on the left (max. 4.9 cm) consists of impressions and tracing with a stylus. The large sherd on the right (max. 11.5 cm) has rolled impressions with a carved wooden roulette (© RMCA).

3.3. SITE DISTRIBUTION PATTERNS

A recurrent pattern in all the spatial distribution maps of the various technological and typological features of stone artefacts analysed (polished, flaked, bored, unspecified, microlithic industries on quartz, Lupemban lanceolates in various raw materials), is that there are no sites with stone artefacts located in the forest to the east and north of Kisangani (see fig. 2). Sites south of Angumu yielded either Lupemban or bifacially-trimmed artefacts or unspecified flaked stone, but polished tools, microlithic industries on quartz or any other raw material and pottery are equally absent in the forested region east of the Lualaba.

4. Archaeological Sites in the Forest West of the Lualaba River

4.1. STONE ARTEFACTS

To the west the museum collections become even more uninformative regarding the occupation of the equatorial forest. In part, this is explained by the absence of commercial mining concessions west of the Lualaba River (see fig. 5). Thus, one of the richest sources for chance finds was not available. The area was not entirely devoid of geological explorations. In the eastern part the

geologist André Lombard explored a vast area of Central Africa including the Central Cuvette for the mining exploration company Remina (EVRARD 1957) (fig. 9). He frequently collected lithic artefacts of which a considerable number ended up in the archaeological collections of the RMCA. Except for two uncharacteristic chert artefacts found at Kindu and two heavily patinated, probably natural flakes collected near Kisangani, his surveys along the major river banks in the eastern half of the cuvette did, however, not yield flaked or polished stone or pottery.

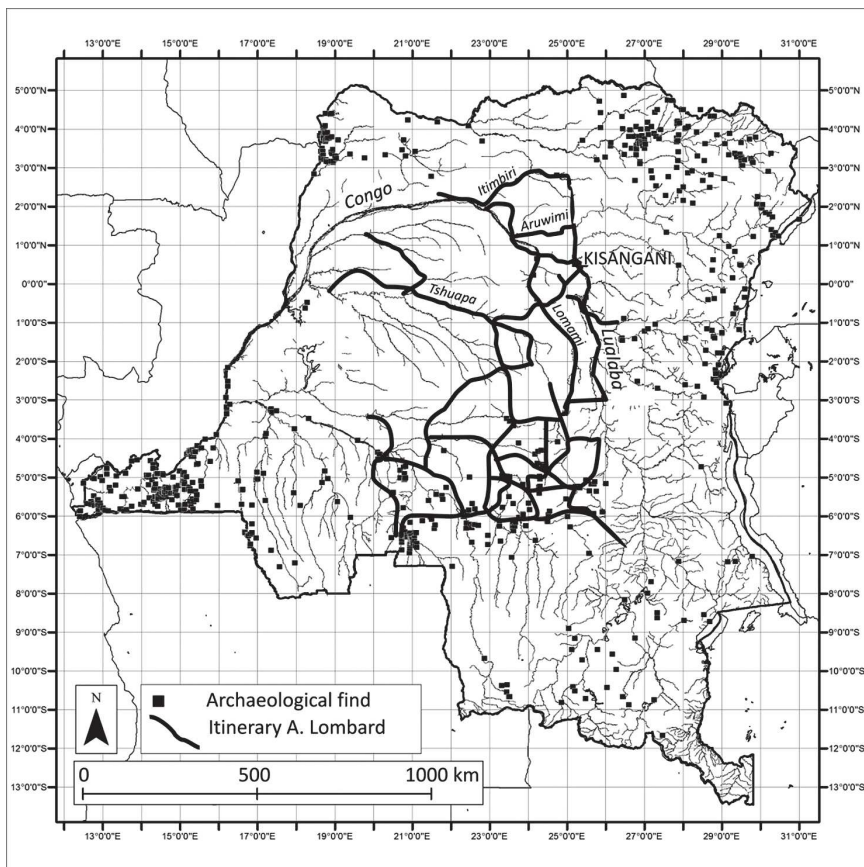


Fig. 9. — Map of DRC showing archaeological finds and the itinerary of the geologist A. Lombard (May 1952 – February 1954) who also collected stone artefacts, after figure 6 in EVRARD 1957.

A. Tavernier, a postmaster who was stationed for a portion of his career at Kisangani, collected stones in the vicinity of Kisangani, of which only a few can be considered as flaked artefacts. He also found a small bifacially-flaked

“mango-kernel” in a silicified mudstone at the bridge over the small Ebiutuku river. A single small polished axe from Kisangani was published (MENGHIN 1926). From further north of Kisangani no flaked stone has been recorded (see fig. 2); various localities in the Buta territory yielded a total of eleven polished implements, which were donated to the museum by A. Jacob, a territorial administrator. These are a western outlier of the dense cluster of finds of similar polished “Uelian” axes collected in the northeastern savanna-forest mosaic.

From the Ubangi area or the northwestern corner of the tropical forest grading into savanna (see fig. 2), the museum collections contain essentially polished implements or axes that differ from the Uelian series. These ‘Ubangian’ axes (fig. 10) are made of locally available greenstones, and as in the northeastern part, contemporary use for various reasons was documented (BEQUAERT 1940, pp. 112-113). BEQUAERT (1940) provided a detailed map of the various locations where polished axes were collected between the Ubangi and Lua rivers. Van Noten surveyed the area during his expedition in 1972 (VAN NOTEN 1977-1978). He collected another sample of small polished axes from the surface and in the villages, but test pits at Motenge-Boma where many axes were found on the surface did not yield any artefacts *in situ* except for late roulette decorated pottery (VAN NOTEN 1982, p. 58). A test pit he dug in the cave of Hau near Gemena revealed a sequence of possibly Middle Stone Age, Later Stone Age and Iron Age. Unfortunately, the site remains undated (VAN NOTEN 1977-1978, p. 75) and no polished axes were found *in situ*.



Fig. 10. — Polished Ubangian stone axes, DRC. The specimen on the left has grooves related to subsequent use for different purposes (© RMCA).

For the interior of the Congo Basin and along the Congo River itself, the museum collections offer very meagre evidence. In fact, there are only three occurrences of flaked stone artefacts (see fig. 2) and two sites with pottery (see fig. 7 and below).

The most eastern site is Lileke on the Lomami river. The fifty-five lithic artefacts at the RMCA were originally part of a larger collection brought from DRC to Europe by Reverend Father Hermann Kohl in 1914. They were found at a depth of 50 cm in ash layers and were described and published by O. Menghin in 1926. Most of the artefacts in silicified mudstone or a fine grained sandstone are cortical flakes, except for one possible scraper, a small pick of 7 cm and seven unfinished flaked axes with no traces of polish. The smallest measures 6 cm and the largest 13 cm. All flaked axes have a particularly thick, shiny black patina on both faces. The raw material must have been available in some layered form hardly thicker than 4 cm. There is mention of one fragment of pottery described as crude and badly fired ware of yellow-brown colour (MENGHIN 1926, p. 840), but the sherd is not illustrated nor did it enter the collections of the RMCA. Later surveys during the Ebale Congo River expedition on the Lower Lomami confirmed the *in situ* association between pottery and flaked stone artefacts at Ilambi Moke and Yandjambi (LIVINGSTONE SMITH *et al.* 2011). These lithic artefacts are quite similar in raw material, expedient flaking techniques and bifacially-trimmed tools to those reported from Likele. Chronological and cultural affiliation of the pottery is under study.

The most western “sites” are Bokala and Mooto (BEQUAERT 1945, 1955; FIEDLER & PREUSS 1985; PREUSS & FIEDLER 1984). At each one a local inhabitant gave a single flaked stone artefact to a passerby. The first artefact is a leaf-shaped bifacial point (fig. 11 left, PO-23636), which was given by the wife of the village chief to Mr Charles Mischler (BEQUAERT 1945; RMCA – AP file 119) who passed through Bokala in early 1936. She had found the stone when looking in the swamp forest for fossil copal resin. Mischler sent the object to the Museum in Tervuren. When asked for further information he explained that prehistoric tools were rare in the region of Wendji near Bolengi, which lie south of Mbandaka on the Congo river. Mischler had been prospecting and collecting copal resin since 1932, but had never found an artefact himself. One person in his service did remember that he knew of others who had found similar stones, but that they had thrown them away not knowing what use to make of them (letter from Mischler to the museum, 5.07.1936, PA [2]-119). At the time of its publication the implement was considered typical of the Tumbian culture (BEQUAERT 1945, p. 357), a generic name to indicate anything prehistoric in the Congo.

During his second survey in Congo in 1951, M. Bequaert received from one of his contacts, R.F. H. van Moorsel, a small leaf-shaped arrowhead (fig. 11 right, PO-63357), with marginal bifacial retouch on a fine sandstone. A small note stored with the piece at Tervuren reveals that H. van Moorsel himself

received the artefact from Alex Lohest who in turn had received it at the mission post of the Lazarist Fathers at Bikoro where it had been received from a person living in the area. The local finder had stated that there were other pieces at one metre below surface (PA-546).

Some lithics were found during the River Reconnaissance Surveys by J. Preuss in 1982 and 1983 albeit neither in association with pottery nor *in situ*. The artefacts lay on the surface of the moderately sloping sand and fine gravel eastern shore of Lake Tumba at sixteen localities, and at another nineteen locations on the Ruki, Luilaka, Busira and Tshuapa rivers (fig. 12). The most typical type is a projectile point made of quartzite and similar to those in the museum collections. Cores, flakes and unmodified waste are also present (PREUSS & FIEDLER 1984, FIEDLER & PREUSS 1985). Assemblages made on milky vein quartz were located further east on the Tshuapa river at Yalola and Boyombo and, as J. Preuss observed, only quartz flakes could be identified as artefacts based on their great number and their typologically unambiguous forms (FIEDLER & PREUSS 1985, p. 181). Since the artefacts were resting on sands that have been dated to twenty-four thousand five hundred to thirty-eight thousand five hundred years (FIEDLER & PREUSS 1985, p. 182), they are estimated to postdate their deposition. In the Inner Congo Basin course and fine-grained quartzites of sufficient size for tool production are apparently absent. According to Fiedler, they might have been imported from areas as far as 200 to 250 km to the south. Finally, a single polished adze in quartzite was collected at Ibonzi on Lake Tumba.



Fig. 11. — The only two lithic artefacts in the RMCA collections from the interior of the Congo Basin, DRC. Left: leaf-shaped bifacially-flaked point in polymorphic sandstone (10.4 × 4.0 × 1.1 cm) from Bokala and right: small leaf-shaped arrowhead in fine sandstone (4.5 × 2.7 × 0.9 cm) from Mooto (© RMCA).

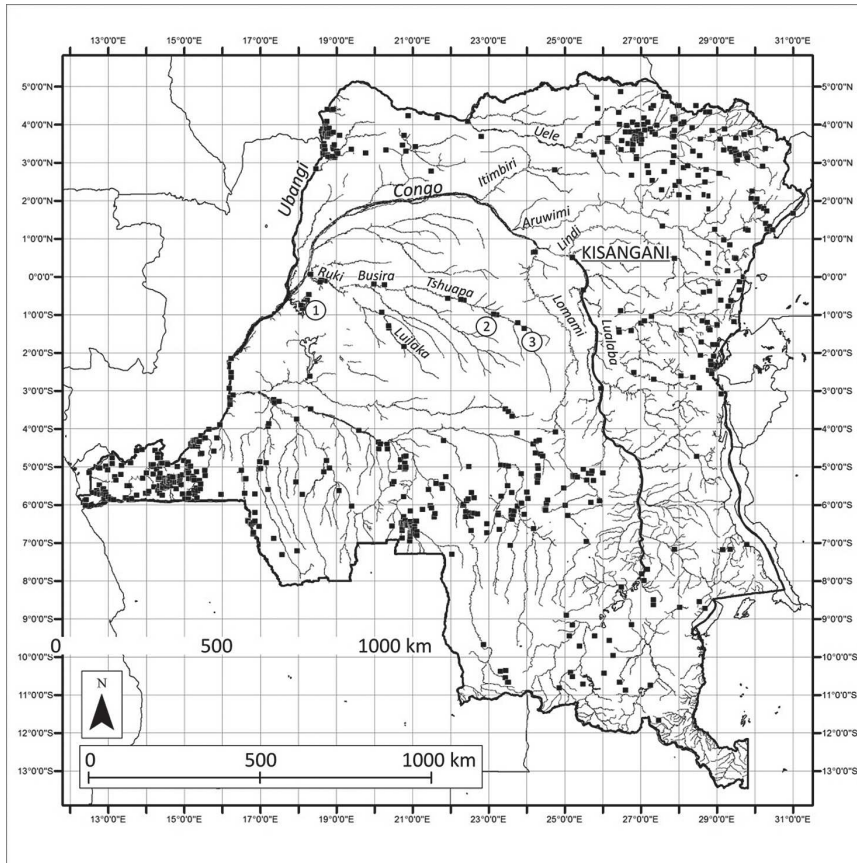


Fig. 12. — Map of DRC showing locations of stone artefacts from the collections of the RMCA and from surveys conducted by J. Preuss in 1982-1983 in the Inner Congo Basin. Sites and localities mentioned in the text: 1. Lac Tumba, 2. Yalola and 3. Boyombo (© RMCA).

4.2. POTTERY

The early museum collections contain only one instance of pottery from the Ubangi area (PO-41770-41776). It was collected at Businga (see fig. 7) and donated by Reverend Father R. Mortier, who is also responsible for a collection of thirty-three polished axes. From his descriptions in the archives (PA-194.1) the pottery may in fact have been found at the bottom of a pit structure or in a soil horizon. The cultural affiliation is under study. Later surveys along the banks of the Ubangi river and 100 km upstream on the Lua river (fig. 13) yielded pottery of the Batalimo-Maluba tradition (EGGERT 1987 and currently under study by D. Seidensticker). Though many polished axes were reported from the area (Ubangian, see 4.1.) none were found in association with Batalimo-Maluba

pottery along the Ubangi and Lua rivers. This is at odds with the site of Batilimo on the Lobaye river in the Central-African Republic, where similar polished axes did occur in association with pottery dating to the first centuries AD (DE BAYLE DES HERMENS 1975, EGGERT 1987).

Pottery from the interior of the Congo Basin and along the Congo river itself is to date documented in five instances in the RMCA collections (see fig. 7). These are chance finds made by missionaries and private persons. From Eala on the Ruki river five sherds were donated by G. Couteaux. They were found at a depth of 30 to 40 cm below surface in a periodically inundated forest situated downstream from Eala on the left bank of the Ruki (PO-44709-44713 and PA-0.410). Two sites are present at Bokuma further upstream on the same river. A single small pot (PO-61284) was part of a donation by Reverend Father G. Hulstaert to the ethnography section at the Museum. There is no further information available in the archives, except that the pot would have been found in a riverbed. This is most likely the reason for its internal transfer to the prehistoric collections. Reverend Father Lootens sent an assemblage (OP-59548-59863, PA.0.730) that was collected at the old local cemetery that became incorporated into the Catholic mission at Bokuma. The pots were considered to be older than 1910, the year the mission post was constructed, and possibly of Nkundo-Mongo manufacturing to which belonged the old cemetery. Five pottery sherds from Bolofa (or Bolafa) (PO-83959/1-5) were found at one metre below surface along the Lopor river. They were donated by Ms de Rudder Batz in 1972. At Gundji near Lisala pottery was found at a depth of 50 cm. They were collected by J. Huyé who transmitted them sometime between 1946 and 1949 to E. Darteville, Museum's conservator.

The River Reconnaissance Project conducted between 1977 and 1987 by M. Eggert irrevocably altered the archaeological picture for the Inner Congo basin (see figs. 12 and 13). Pottery was excavated and dated at a large number of sites. Complete vessels were found in careful stacked arrangements and broken pots in refuse pits. The much smaller number of stone artefacts are all undated surface finds. The pottery was classified by WOTZKA (1995) into six large traditions and thirty-five style groups based on shape and decoration. The western tradition of which Imbonga is the oldest and Ikenge the most recent expression, includes twenty different styles, the Tshuapa tradition six and one possibly additional style, while the four other traditions are each composed of two different style groups (WOTZKA 1995). The oldest pottery or Imbonga style dates from the period between ca. 400 and 100 BC and is mainly flat-based. While decoration techniques include grooving, incision, impression and appliqué, most characteristics are comb-stamped and incised zigzag patterns (EGGERT 1992, pp. 130-131). The chance Bokuma material in the old museum collections belongs to the Imbonga style (fig. 15). A quite remarkable characteristic (EGGERT 1987; KAHLHEBER *et al.* 2014, p. 483; WOTZKA 1995) is the arrangement of pottery sherds and intact vessels in densely-packed assemblages, interspersed with laterite lumps in circular pits of approximately 1 m diameter and an average depth of 1.7 m. The precise

purpose of these careful arrangements remains unknown. Though neither iron tools nor flaked or polished stone tools were found in association with Imbonga pottery structures, the oldest pottery in the rainforest is tentatively associated with the Early Iron Age (EGGERT 2014, KAHLHEBER *et al.* 2014, WOTZKA 1995). Its geographic distribution is restricted to the rivers in the western half of the Inner Congo Basin (fig. 14).

Analysis of archaeobotanical samples collected at one of the Imbonga sites (KAHLHEBER *et al.* 2014) reveals a diet that included cultivated pearl millet as well as tree-derived edible fruit and a range of grasses and herbs that might have been consumed as leafy vegetables. Though the current relative humidity of the rain forest is too high for pearl millet, which is not cultivated in the Inner Congo Basin today, there is evidence that at the time of Imbonga settlement the mature forests were interspersed with seemingly exclusively climatic-induced lighter forests (KAHLHEBER *et al.* 2014, p. 501).

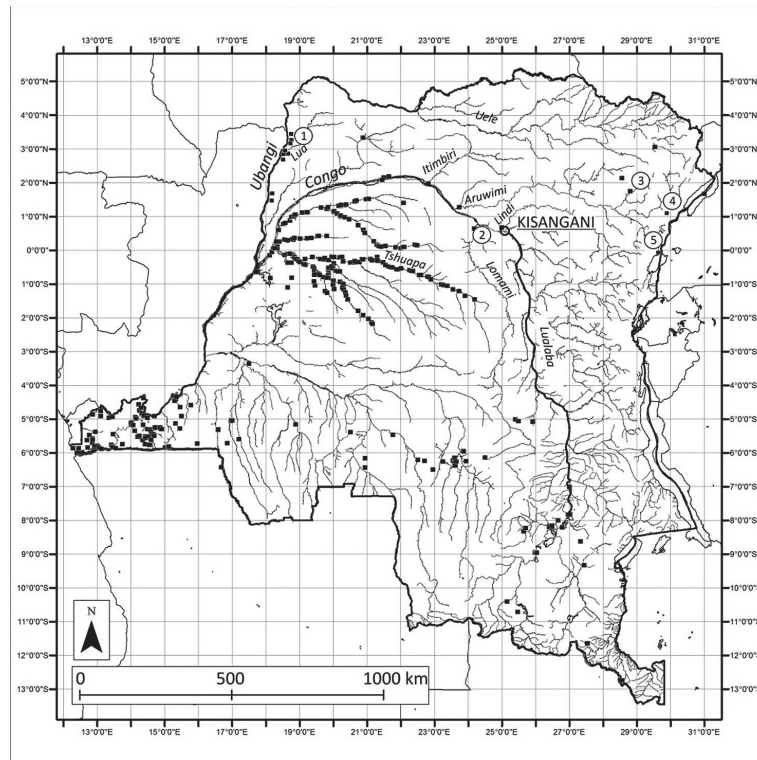


Fig. 13. — Map of DRC showing locations of pottery stored in the collections of the RMCA, as well as pottery from surveys conducted by M. Eggert between 1977 and 1987 in the Inner Congo Basin and Ubangi region, by J. Mercader between 1993 and 1995 in the Ituri forest and by A. Livingstone Smith & E. Cornelissen in 2010 and 2013 around Kisangani. Sites and localities mentioned in the text: 1. Motenge-Boma, 2. Ilambi Moke, 3. Ituri rock shelters, 4. Matupi and 5. Semliki valley (© RMCA).

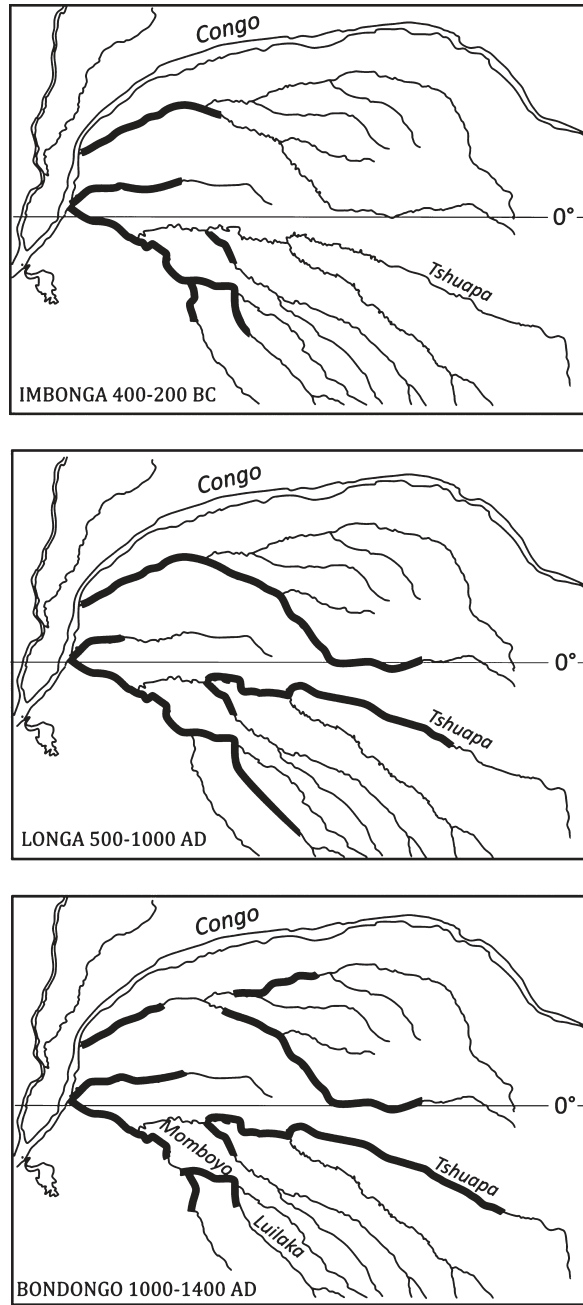


Fig. 14. — Geographical distribution of selected pottery style groups, simplified after WOTZKA 1995.



Fig. 15. — Imbonga ware from Bokuma near Mbandaka, DRC, RMCA collections. All show the typical decoration of zigzag rocking blade impressions covering the entire vessel, including the flat base. This style is dated to between ca. 400 and 100 BC (© RMCA).

The later pottery traditions, such as Longa dated between 500 and 1,000 AD and Bondongo dated between 1,000 and 1,400 AD, cover the same area but they extend more deeply into the Inner Congo Basin. Some style groups have a more restricted distribution: the Bekongo group, contemporaneous to the Bondongo group (see fig. 14), occurs only on the upper Momboyo and Luilaka rivers. Taken together these pottery traditions indicate “an expansive upstream process of settlement by culturally related populations who have been inhabiting the whole area under the Congo bend up to the present.” (quoted from KAHLHEBER *et al.* 2014, p. 481).

Our own surveys during the Ebale Congo River expedition on the Lower Aruwimi, Itimbiri and Lomami (LIVINGSTONE SMITH *et al.* 2011) and Lindi (fig. 16 and CORNELISSEN *et al.* 2013) added an eastern extension to the phenomenon of densely-packed fragmented pottery and complete vessels in pits,

and in stratigraphic horizons. This material is currently under study to establish its chronology and cultural affiliations and to compare it to the pottery sequences of the Inner Congo Basin [3].



Fig. 16. — Sherds from Baombi II on the Lindi river, DRC, found in a stack of pots dating to the first century BC/AD. Decoration consists of various arrangements of tracing with a stylus on the upper part of the pots. All have a flat undecorated base. Sherd top left: max. 11.2 cm and bottom left: max. 7.8 cm (© RMCA).

4.3. SITE DISTRIBUTION PATTERNS

River-bound surveys have fortunately filled in the archaeological blank in the museum collections for the rainforest west of the Lualaba river. The River Reconnaissance Project has provided a continuous population record based on pottery for the last two thousand five hundred years for the Inner Congo basin. The extreme paucity of polished and flaked stone artefacts collected during recent fieldwork, however, points to a reality that cannot be explained solely by colonial collecting strategies which favoured lithics over pottery or by the absence of mining activities, which enhanced opportunities for chance finds. The forest north of the Congo River may present the same pattern, but there are few materials from this area in the RMCA collections and the region has not been the focus of either large or small-scale recent surveys.

4.3.1. Mining and Forestry, Allies and Threats for Documenting Human Population in the Equatorial Forest

As this overview indicates, a substantial proportion of the museum collections and information on past inhabitants of the equatorial forest derives from activities preceding or accompanying mining activities. These have contributed to the composition of the archaeological collections at the Royal Museum for Central Africa. From the areas where mining concessions were issued in the twentieth century, many archaeological occurrences have been documented, primarily in the northeastern, eastern and southern parts of DRC. The finds consist of numerous stone implements, most of which are easily recognizable and clearly cultural: flaked, polished and bored stones. Quite often they were collected at considerable depths below surface. The Inner Congo Basin and most of the forest west of the Lualaba river was not open to public mining. To some extent the presence and absence of concessions have shaped our views on the prehistoric and historic settlement of the forest. Moreover, the informal colonial period network of individuals interested in prehistory did not yield indications of ancient occupation in large areas presently under forest cover on both sides of the Lualaba river.

The preponderance of lithic artefacts as compared to pottery or metal objects in the old museum collections is related to the interpretation of history and prehistory at the time. Pottery was considered “ethnographic” and of fairly recent manufacture, whereas stone artefacts were considered to belong undoubtedly to the past. Later systematic archaeological river-bound surveys and survey in conjunction with programmes on sustainable forestry management, have nevertheless proven the potential of today’s densely-forested regions, especially in the Inner and northwestern Congo basin, to produce considerable archaeological evidence on at least the last two thousand five hundred years of human occupation.

Forestry surveys conducted to understand the history and regeneration patterns of rain forest have a high potential for providing relevant archaeological insight because they can yield crucial information on the type of environment at the time of settlement. This alliance between forestry and archaeology also offers a less intrusive way of obtaining below ground data in forested regions. Open mines turn over the topsoil to such an extent that it is highly unlikely that features like those recovered during the river-bound surveys will be observed. Pit structures and elaborate pottery arrangements usually are found immediately below surface up to a depth of maximum 2 m. In many areas, industrial and artisanal mining represent a threat to the buried archaeological record, but at the same time they offer a unique opportunity to document it. From our perspective combining archaeological reconnaissance to geological exploration for mining permits would offer an ideal approach through which data might be collected. The intensification of surveying and prospecting for potential mining in the Inner Congo Basin (<http://portals.flexicadastre.com/drc/en/>) is a fact.

Applications have been granted for the period 2014 to 2019 to prospect for gold, diamond, iron and mercury around Boende. Boende is situated in the heartland of nine of the pottery groups identified in that area, and these span two thousand years of human settlement (maps 5-7, 9, 11-15 in WOTZKA 1995). The challenge remains on how to raise awareness amongst stakeholders like mining companies, artisanal miners, geologists, and the various ministries. There are unfortunately a number of practical considerations that discourage such collaborations.

In DRC, requests for archaeological surveys and fieldwork are processed by the *Institut des Musées nationaux du Congo* to which all applications for research permits and authorizations must be submitted. The final approval comes from the Ministry, which includes Arts and Culture components. This implies a different treatment of fieldwork compared to that of other surveys for biodiversity or earth sciences. In university collaboration or cooperation programmes on biodiversity topics, permits are issued by the Ministry of Higher and University Education and Scientific Research. For specific geological fieldwork, permits come from the Ministry of Mining. If any of these surveys are to take place in a national park or reserve under the control of the Ministry of Environment, Nature Conservation and Tourism, a complementary permit is also needed. Although there is a strong rationale for multiple administrative entities with complementary areas of responsibility, this does not encourage an interdisciplinary approach of fieldwork or any programme that includes both cultural and natural aspects, such as the study of ancient populations of the equatorial forest. The fact that archaeological excavations, including sieving, can look very similar to and can be confused with artisanal mining does not inspire confidence in the villages situated in the mining areas.

For Congolese archaeologists it is hard to initiate or follow up on prior research due to the lack of structural funding of the national museums (IMNC) of DRC, as well as due to the absence of a formal university education in archaeology. Archaeology is limited to general introductions to students in history or in anthropology. Therefore, the number of professionally-trained archaeologists remains extremely low in DR Congo. The RMCA has provided three-month training sessions at the RMCA to train the trainers and organized a pilot project in 2011 of a two-week field school (CORNELISSEN 2012). Unfortunately, such programmes need co-financing and sustainability the IMNC cannot ensure. Although short-term initiatives are instrumental in drawing attention to structural problems, such as lack of formal university training or the fragmented approach in fieldwork, they cannot provide structural alternatives to formal university training or financing partner institutes.

For the Royal Museum for Central Africa, exploiting existing data from the collections and archives, analysing the various sites in the museum collections and providing the archaeological maps with description on the institutional website, and hopefully also on a website of a Congolese counterpart, will be the

challenging task for years to come. We will continue to combine this with opportunity-driven fieldwork, systematic river-bound surveys and intensifying collaboration with the forestry sector as well as small-scale capacity building in order to protect and enhance the visibility of archaeological cultural heritage in this vast and densely-forested region.

ACKNOWLEDGEMENTS

The reassessment and georeferencing of the museum collections is a “work in progress”. The project has greatly benefited over the years from the input of various colleagues and students. I would like to thank in particular Nadine Devleeschouwer and Alexander Vral for their assistance in exploring archives and collections, and Alexandre Livingstone Smith for his patience and help in producing maps under ArchView and for sharing my interest in fieldwork along the Congo River near Kisangani. John Yellen kindly accepted to revise the English.

NOTES

- [1] The name of the institute was originally “The Museum of Congo” in 1898, became successively “The Museum of Belgian Congo” in 1908, the “Royal Museum of Belgian Congo” in 1952 and finally the “Royal Museum for Central Africa” in 1960. On the history of the museum, see COUTTENIER 2010.
- [2] PA and PO are short for Prehistory Archives and Prehistory Objects, used in Collection Management and Archives at the Royal Museum for Central Africa.
- [3] This study will be published as LIVINGSTONE-SMITH, A., CORNELISSEN, E., DE FRANQUEN, C., NIKIS, N., MEES, F., TSHIBAMBA MUKENDI, J., BEECKMAN, H., BOURLAND, N. & HUBAU, W. Forests and Rivers: The Archaeology of the North-East Congo, in ROBERTS, P. (Ed.), *Forests of Plenty* (special volume of *Quaternary International*).

REFERENCES

- BATINI, C., LOPES, J., BEHAR, D. M., CALAFELL, F., JORDE, L. B., VAN DER VEEN, L., LUIS QUINTANA-MURCI, L., SPEDINI, G., DESTRO-BISOL, G. & COMAS, D. 2011. Insights into the Demographic History of African Pygmies from Complete Mitochondrial Genomes. — *Molecular Biology and Evolution*, **28**: 1099-1110.
- BAYON, G., DENNIELOU, B., ETOUBLEAU, J., PONZEVEVA, E., TOUCANNE, S. & BERMELL, S. 2012. Intensifying Weathering and Land Use in Iron Age Central Africa. — *Science*, **335** (6073): 1219-1222.
- BEQUAERT, M. 1940. Haches de l’Oubangui. — *Bulletin de la Société Royale Belge d’Anthropologie et de Préhistoire*, **55**: 110-113.
- BEQUAERT, M. 1945. Een steenen punt uit Bokala. Bijdrage tot de kennis van het steentijdperk in het centraal Congo-bekken. — *Mededelingen der Zittingen Koninklijk Belgisch Koloniaal Instituut / Bulletin des Séances Institut royal colonial belge*, **XVI** (2): 349-360.

- BEQUAERT, M. 1952. La Préhistoire au Congo Belge. — Brussel, Bieleveld, Encyclopédie du Congo Belge, Band I, pp. 45-77.
- BEQUAERT, M. 1955. Sur une pierre taillée de Mooto (Province de Coquilhatville). — *Bulletin des Séances Académie royale des Sciences coloniales*, I (3): 494-500.
- BROOKS, A. S. & SMITH, C. C. 1987. Ishango Revisited: New Age Determinations and Cultural Interpretations. — *African Archaeological Review*, 6: 65-78.
- CORNELISSEN, E. 2002. Human responses to changing environments in Central Africa between 40,000 and 12,000 BP. — *Journal of World Prehistory*, 16: 197-235.
- CORNELISSEN, E. 2012. Archaeology in the Democratic Republic of Congo: Old and current strategies for ancient issues. — *In*: VAN DER LINDE, S. J., VAN DE DRIES, M. H., SCHLANGER, N. & SLAPPENDEL, C. G. (Eds.), *European Archaeology Abroad: Global Settings, Comparative Perspectives*. Leiden, Sidestone Press, pp. 205-222.
- CORNELISSEN, E. 2013. Hunting and gathering in Africa's tropical forests at the end of the Pleistocene and Early Holocene. — *In*: MITCHELL, P. & LANE, P. (Eds.), *The Oxford Handbook of African Archaeology*. Oxford, Oxford University Press, pp. 403-417.
- CORNELISSEN, E. 2016. The Later Pleistocene in the northeastern Central African Rain Forest. — *In*: JONES, S. & STEWART, B. (Eds.), *Africa from MIS 6-2: Population Dynamics and Paleoenvironments, Vertebrate Paleobiology & Paleoanthropology series*. Dordrecht, Springer, pp. 301-319.
- CORNELISSEN, E., LIHANZU EBOSSO, O. & MAMBU NSANGATHI, C. 2013. Prospections sur la Lindi (Province Orientale, République démocratique du Congo). — *Nyame Akuma*, 79: 74-82.
- COUTTENIER, M. 2010. Als muren spreken. Het Museum van Tervuren 1910-2010 / Si les murs pouvaient parler. Le Musée de Tervuren 1910-2010. — Tervuren, Koninklijk Museum voor Midden-Afrika, 168 pp.
- DE BAYLE DES HERMENS, R. 1975. Recherches préhistoriques en République centrafricaine. Recherches oubanguiennes 3. — Paris, Labethno, 343 pp.
- DE CALONNE-BEAUFAICT, A. 1921. Azande. Introduction à une ethnologie générale des bassins de l'Ubangi-Uele et de l'Aruwimi. — Bruxelles, Maurice Lamertin, Institut Solvay, Travaux de l'Institut de Sociologie, N. S., 1, 281 pp. + 4 maps.
- DE HEINZELIN DE BRAUCOURT, J. 1957. Les fouilles d'Ishango. — Bruxelles, Institut des Parcs Nationaux du Congo belge, Exploration du Parc National Albert, 2.
- DE MARET, P. 2013. Archaeologies of the Bantu expansion. — *In*: MITCHELL, P. & LANE, P. (Eds.), *The Oxford Handbook of African Archaeology*. Oxford, Oxford University Press, pp. 627-643.
- EGGERT, M. K. H. 1987. Archäologische Forschungen im zentralafrikanischen Regenwald. — *In*: PORTNER, R. & NIEMEYER, H. G. (Eds.), *Die großen Abenteuer der Archäologie*. Salzburg, Andreas Verlag, Band 9, pp. 3217-3240.
- EGGERT, M. K. H. 1992. The Central African Rain Forest: Historical Speculation and Archaeological Facts. — *World Archaeology*, 24 (1): 1-24.
- EGGERT, M. K. H. 1993. Central Africa and the Archaeology of the Equatorial Rainforest: Reflections on some Major Topics. — *In*: SHAW, T., SINCLAIR, P., ANDAH, B. & OKPOKO, A. (Eds.), *The Archaeology of Africa: Food, Metals and Towns*. London, Routledge, pp. 289-329.
- EGGERT, M. K. H. 2005. The Bantu Problem and African Archaeology. — *In*: STAHL, A. B. (Ed.), *African Archaeology. A Critical Introduction*. London, Blackwell Publishing Ltd, Blackwell Studies in Global Archaeology, pp. 301-326.

- EGGERT, M. K. H. 2014. The archaeology of the Central African rainforest: Its current state. — *In*: RENFREW, C. & BAHN, P. (Eds.), *The Cambridge World Prehistory* (1). New York, Cambridge University Press, pp. 183-203.
- EVARD, P. 1957. Les recherches géophysiques et géologiques et les travaux de sondage dans la Cuvette congolaise. — Bruxelles, Académie royale des Sciences coloniales, *Mémoires*, N. S., **VII** (1), 62 pp. + 7 cartes.
- FIEDLER, L. & PREUSS, J. 1985. Stone tools from the Inner Zaire Basin (Région de l'Equateur, Zaïre). — *The African Archaeological Review*, **3**: 179-187.
- GILSOUL, F. & MASSART, A. 1962. Carte des concessions minières du Congo et du Rwanda-Burundi (situation au 30 juin 1960). — Bruxelles, Académie royale des Sciences d'Outre-Mer, Atlas général du Congo, index n° 752.1.
- KAHLHEBER, S., EGGERT, M. K. H., SEIDENSTICKER, D. & WOTZKA, H.-P. 2014. Pearl Millet and Other Plant Remains from the Early Iron Age Site of Boso-Njafo (Inner Congo Basin, Democratic Republic of the Congo). — *African Archaeological Review*, **31**: 479-512.
- LIVINGSTONE SMITH, A., CORNELISSEN, E., HUBAU, W. & EBOSSO-LIHANZU, O. 2011. Prospections et fouilles archéologiques de la Mission «Boyekoli Ebale Congo 2010» (RDC). — *Nyame Akuma*, **75**: 11-16.
- MENGHIN, O. 1926. Neue Steinzeitfunde aus dem Kongostaate und ihre Beziehungen zum europäischen Campignien. — *Anthropos*, **XXI**: 833-850.
- MERCADER, J. 2002. Forest People: The Role of African Rainforests in Human Evolution and Dispersal. — *Evolutionary Anthropology*, **11**: 117-124.
- MERCADER, J. 2003. Foragers of the Congo. The early settlement of the Ituri Forest. — *In*: MERCADER, J. (Ed.), *Under the Canopy*. New Brunswick, Rutgers University Press, pp. 93-116.
- MERCADER, J. & BROOKS, A. S. 2001. Across Forests and Savannas: Later Stone Age Assemblages from Ituri and Semliki, Democratic Republic of Congo. — *Journal of Anthropological Research*, **5**: 197-217.
- MERCADER, J., GARCIA-HERA, M. & GONZALEZ-ALVAREZ, I. 2000. Ceramic Tradition in the African Forest: Characterization Analysis of Ancient and Modern Pottery from the Ituri, D. R. Congo. — *Journal of Archaeological Science*, **27**: 163-182.
- MERCADER, J., RUNGE, F., VRYDAGHS, L., DOUTRELEPONT, H., EWANGO, C. E. N. & JUAN-TRESSERAS, J. 2000. Phytoliths from Archaeological Sites in the Tropical Forest of Ituri, Democratic Republic of Congo. — *Quaternary Research*, **54**: 102-112.
- MORIN-RIVAT, J., FAYOLLE, A., GILLET, J.-F., BOURLAND, N., GOURLET-FLEURY, S., OSLISLY, R., BREMOND, L., BENTALEB, I., BEECKMAN, H. & DOUCET, J.-L. 2014. New evidence of human activities during the Holocene in the lowland forests of the northern Congo Basin. — *Radiocarbon*, **56** (1): 209-220.
- OSLISLY, R. & WHITE, L. 2003. Etudes des traces de l'impact de l'homme sur l'environnement au cours de l'Holocène dans deux régions d'Afrique centrale forestière: la réserve de la Lopé (Gabon central) et le sanctuaire du Banyang Mbo (ouest-Cameroun). — *In*: FROMENT, A. & GUFFROY, J. (Eds), *Peuplements anciens et actuels des forêts tropicales. Actes séminaire-atelier* (Orléans, 15-16 octobre 1998), Paris, IRD Editions, Collection Colloques et Séminaires, pp. 77-87.
- OSLISLY, R., BENTALEB, I., FAVIER, C., FONTUGNE, M. & GILLET, J.-F. 2013. West Central African Peoples: Survey of Radiocarbon Dates over the Past 5000 Years. — *Radiocarbon*, **55** (2-3): 1377-1382.

- PREUSS, J. & FIEDLER, H. 1984. Steingeräte aus dem inneren Kongobecken und ihre geomorphologische Einbindung. — *Beitrage zur Allgemeinen und Vergleichenden Archaologie*, **6**: 227-246.
- STAINIER, X. 1899. L'âge de la pierre au Congo. — Bruxelles, Imprimerie Charles Vande Weghe, *Annales du Musée du Congo*, sér. 1, *Ethnographie & Anthropologie*, **1** (1), 24 pp. + 1 carte + 5 planches.
- TAYLOR, N. 2011. The origins of hunting & gathering in the Congo basin: A perspective on the Middle Stone Age Lupemban industry. — *Before Farming*, **1** (article 6).
- VAN NEER, W. 1989. Contribution to the Archaeozoology of Central Africa. — Tervuren, *Annalen Koninklijk Museum voor Midden-Afrika, Zoologische Wetenschappen*, **259**.
- VAN NOTEN, F. 1968. The Uelian: A culture with a neolithic aspect, Uele-Basin (N.E. Congo Republic): An archaeological study. — Tervuren, *Annales Musée royal de l'Afrique centrale, Sciences humaines*, **64**.
- VAN NOTEN, F. 1977. Excavations at Matupi cave. — *Antiquity*, **5**: 35-40.
- VAN NOTEN, F. 1977-1978. Une prospection au Nord et Nord-Est du Zaïre. — *Etudes d'Histoire Africaine*, **9-10**: 75-77.
- VAN NOTEN, F. 1982. The archaeology of Central Africa. — Graz, Akademische Druck- und Verlagsanstalt, 152 pp.
- VAN NOTEN, F. & VAN NOTEN, E. 1974. Het ijzersmelten bij de Madi. — *Africa Tervuren*, **XX** (3-4): 57-66.
- WOTZKA, H.-P. 1995. Studien zur Archäologie des Zentralafrikanischen Regenwaldes: die Keramik des inneren Zaïre-Beckens und ihre Stellung im Kontext der Bantu-Expansion. — Cologne, Heinrich-Barth-Institut, *Africa Praehistorica*, **6**, 582 pp.

Déclin des langues et convergence linguistique dans le bassin central congolais*

par

André MOTINGEA MANGULU**

MOTS-CLES. — Bassin central du Congo; Contact des langues; Mort des langues; Pidginisation et créolisation; Convergence linguistique et métatypie.

RESUME. — L'article traite des phénomènes de déclin des langues et de convergence linguistique tels qu'ils sont vécus dans le bassin central congolais depuis environ trois siècles, c'est-à-dire à partir des invasions m'óngò et ngombè. Le but est de décrire l'évolution rapide de la situation sociolinguistique de la région en retraçant les facteurs et les mécanismes qui y ont contribué selon la situation concrète des régions affectées. Ces facteurs qui sont aussi bien anciens que récents sont universellement connus: dépopulation, dénatalité, submersion par des immigrants numériquement supérieurs, mobilité géographique, européanisation, guerres, domination culturelle et/ou économique, exogamie, attitudes linguistiques, homogénéisation linguistique, etc.

TREFWOORDEN. — Centrale Congobekken; Taalcontact; Taaldood; Pidginisering en creolisering; Taalconvergentie en metatypie.

SAMENVATTING. — *Verval en convergentie van talen in het Centrale Congobekken.* — In deze mededeling wil ik het hebben over taaldood en linguïstische convergentie zoals deze fenomenen zich al drie eeuwen lang manifesteren in het Centrale Congobekken, dat wil zeggen, sinds de invallen van de Mongo en Ngombe. Ik wil de snelle sociolinguïstische ontwikkelingen in deze regio beschrijven aan de hand van factoren en mechanismen die hieraan bijgedragen hebben voor zover deze blijken uit de concrete omstandigheden waarin de betrokken regio's verkeren. Dit zijn zowel oude als nieuwe factoren, en ze zijn algemeen bekend, zoals ontvolking, geboortefname, een migrantenstroom die de oorspronkelijke bewoners tot minderheden heeft gereduceerd, geografische mobiliteit, europeanisering, oorlogen, economische en culturele dominantie, exogamie, bepaalde taalattitudes, taalnivellering, enz.

KEYWORDS. — Congo Central Basin; Language Contact; Language Death; Pidginization and Creolization; Linguistic Convergence and Metatypy.

SUMMARY. — *Language Decline and Linguistic Convergence in the Congo Central Basin.* — The paper focuses on the phenomena of language decline and linguistic convergence as experienced in the Congo central basin for about three centuries, that is

* Communication présentée à la séance de la Classe des Sciences humaines tenue le 13 mai 2014. Texte reçu le 3 août 2014, soumis à *peer-review*. Version définitive, approuvée par les *reviewers*, reçue le 9 octobre 2015.

** Membre de l'Académie; Université pédagogique nationale de Kinshasa, Croisement Route de Matadi et Avenue de la Libération, B.P. 8815 Kinshasa (République Démocratique du Congo).

to say from Ngɔmbɛ and Mɔngɔ invasions. The aim is to describe the rapid evolution of the sociolinguistic situation in the region by tracing the factors and mechanisms that contributed to it by following the concrete situation of the affected areas. These factors, which are both ancient and recent, are universally known: depopulation, submersion by immigrants numerically superior, geographical mobility, Europeanization, wars, cultural and/or economic domination, exogamy, language attitudes, linguistic homogenization, etc.

1. Introduction

1.1. OBJET ET OBJECTIF DE L'EXPOSE

Le présent article porte sur les phénomènes de déclin des langues et de convergence linguistique tels qu'ils sont vécus dans le bassin central congolais depuis environ trois ou quatre siècles, c'est-à-dire à partir des invasions mɔngɔ et ngɔmbɛ (VANSINA 1987, p. 34). Ces invasions ont coïncidé presque avec la pénétration européenne qui entraîna dès le XVII^e siècle — on pourrait dire quelque deux siècles avant la constitution de l'Etat Indépendant du Congo en 1885 — toute la partie occidentale de la Cuvette dans le commerce atlantique (VANSINA 1991, p. 291).

Le cas le mieux connu est celui des Bobangi. Quelques villages de pêcheurs de la péninsule formée par la confluence de l'Ubangi et du Zaïre entrèrent d'abord dans le commerce, peut-être au XVII^e siècle. Flairant de lucratives opportunités, des hommes forts locaux émigrèrent pour fonder de nouveaux villages en aval, plus près du Malebo Pool, en prenant soin toutefois de conserver des liens non seulement avec leur village d'origine mais aussi avec d'autres colonies de ce village par l'hospitalité, la fraternité du sang et le mariage.

Le but de cet article est de décrire l'évolution rapide de la situation sociolinguistique de la région en retraçant les facteurs et les mécanismes qui y ont contribué selon la situation concrète des régions affectées, en dépit d'une certaine similarité des faits et du fait de l'appartenance des langues concernées à la même famille des langues bantoues. Ces facteurs qui sont aussi bien anciens que récents sont universellement connus: dépopulation, dénatalité, submersion par des immigrants numériquement supérieurs, mobilité géographique, européenneisation, guerres, domination culturelle et/ou économique, exogamie, attitudes linguistiques, homogénéisation linguistique, etc.

1.2. ETAT DE LA QUESTION

Comme dans plusieurs régions d'Afrique, le bassin central congolais reste caractérisé par une forte diversité linguistique (fig. 1), contrairement à ce que nous montrent certaines cartes telles que celle dessinée par le *Summer Institute*

of Linguistics (SIL) (fig. 2). Les principaux foyers de cette diversité se trouvent surtout le long des lacs et des cours d'eau :

- Le cours moyen des fleuves Congo et Ubangi;
- Les lacs équatoriaux;
- Le bas Kasai;
- La haute Tshuapa;
- Le Sankuru-Lokenyé.

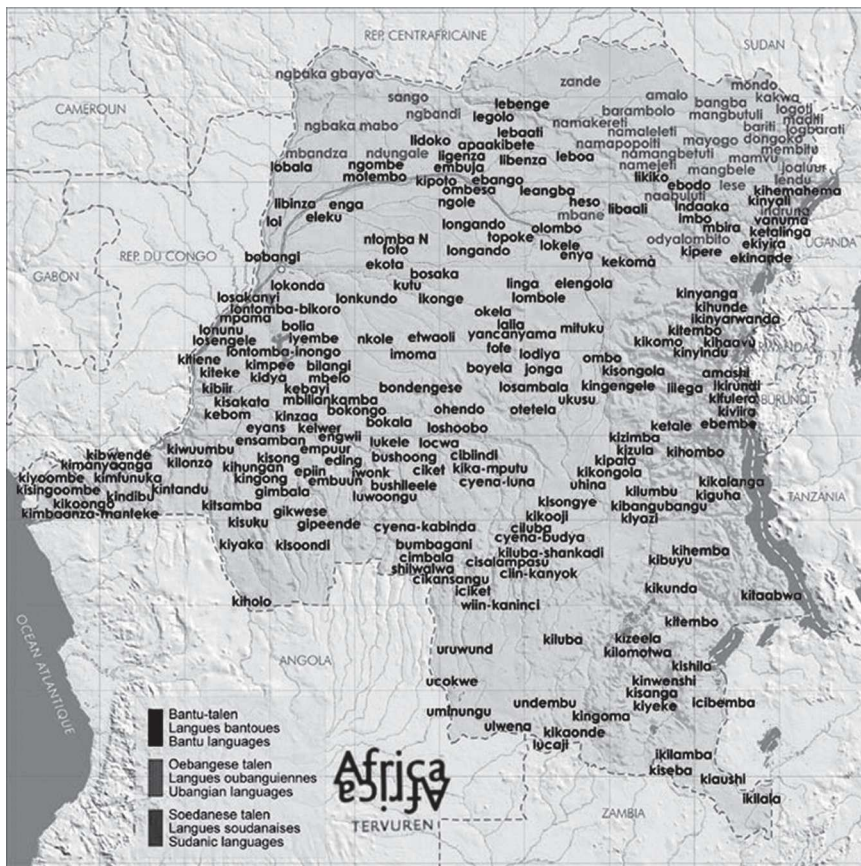


Fig. 1. — Carte linguistique de Tervuren (© Musée royal de l'Afrique centrale).

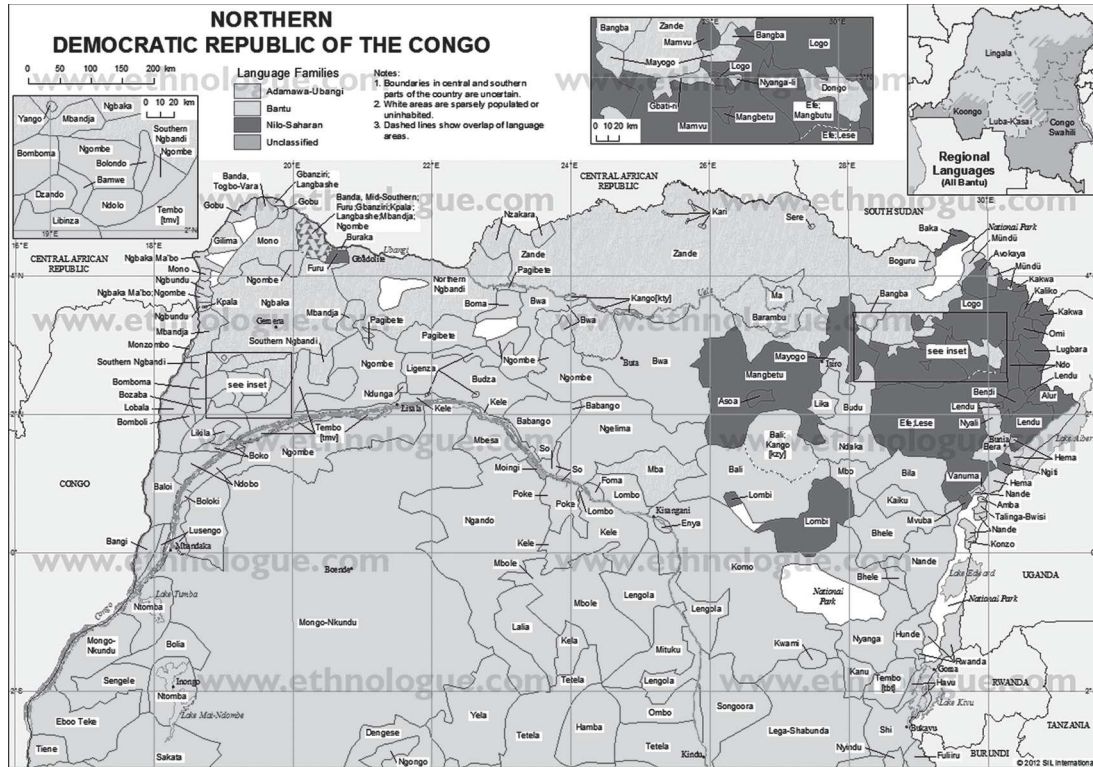


Fig. 2. — Carte de la SIL International (© Summer Institute of Linguistics).

Cette situation ne pourrait être explicable que par une invasion relativement récente d'un pays où l'arrière-pays des grands cours d'eau est resté longtemps quasiment inhabité (MUMBANZA 1997, pp. 263-264; MOTINGEA 2009, pp. 843-844). Le sous-peuplement était encore plus remarquable dans la haute Tshuapa où les premiers vrais sédentaires, les Bakutu ou «gens riches et influents», étaient encore peu nombreux, par rapport aux chasseurs-cueilleurs Jofé-Ngombé-Lokaló (VAN SINA 1987, p. 31).

Il a été presque unanimement reconnu, en effet, qu'avant l'arrivée des agriculteurs bantous, le pays était occupé par des populations de type pygmée ou même khoïsan, qu'on préfère nommer dans le langage sociopolitique d'aujourd'hui peuples autochtones ou Batwá, terme qui est plus politiquement correct et neutre de tout préjugé, d'après CLIST (s. d., p. 22) [1]*. VAN BULCK (1948, p. 145) a rappelé que ce dernier terme avait été introduit par le P. Schebesta pour remplacer celui de Négrilles.

* Les chiffres entre crochets [] renvoient aux notes, pp. 353-360.

VAN DER KERKEN (1944, pp. 203-204) a affirmé — sans étaiement scientifique valable — que la région délimitée approximativement par les provinces et/ou districts actuels du Mai-Ndombe (lac Inongo ou lac Léopold II), du Bas-Congo, du Kwango, du Kasai et du Sankuru, a été occupée par ce type de populations. GREENBERG (1959, p. 20), abondant dans le même sens que Van der Kerken, s'est dit, en ce qui concerne le peuplement bantou dans son ensemble, s'appuyer en dehors de l'argument linguistique sur l'évidence archéologique et paléontologique.

VANSINA (1991, p. 68) a dû, pour sa part, attirer l'attention sur ces images du stéréotype bantou occidental à propos des autochtones qui ont égaré les chercheurs en peignant tous les indigènes comme «pygmées». Il a estimé, en effet, qu'il y aurait bien eu d'autres sortes d'habitants, les pêcheurs notamment [2]. Il est ainsi intéressant de constater, par exemple, que MUMBANZA (1973, p. 483) ait pu classer les peuplades de la Ngiri-Ubangi en distinguant simplement deux sous-groupes: les pêcheurs traditionnels et les sédentaires. Cette dernière classification semble tout de même insinuer que les pêcheurs traditionnels (Bobangi, Balói, Libinza-Balɔbɔ, Bolóki-Ibɔkɔ-Mabale et Bapɔtɔ) étaient des nomades. On ne peut pas assimiler les migrations cycliques de ces derniers au nomadisme (KUPER & VAN LEYNSEELE 1980, pp. 765, 768; MOTINGEA 1996a, p. 12).

Par rapport à ces pêcheurs du Congo-Ubangi, on pourrait aussi rappeler la réaction de Heine à l'exposé introductif de MEEUSSEN (1980, p. 457) sur les classifications lors du colloque du Centre national de la Recherche scientifique (CNRS) à Viviers, estimant que dans la recherche d'une frontière significative de «l'unité bantoue» sa Branche VIII (Congo) — qui correspondrait plus ou moins à notre proto-ngiri (MOTINGEA 1996a, p. 160) — lui paraissait former une unité génétique significative. SCHADEBERG (1979, p. 13) a pu aussi à l'époque faire un constat analogue:

Pour l'instant le proto-bantou semble être trop exclusivement le reflet de la branche VIII (classification de Heine). Une étude poussée des langues du Cameroun (branche IV, Sanaga) devrait permettre de reconstruire une langue proto-bantoue plus équilibrée.

Quoi qu'il en soit, une synthèse récemment élaborée par l'archéologue franco-britannique Bernard CLIST (s. d., pp. 6-11), qui travaille sur l'Afrique centrale depuis 1980, n'entre nullement en contradiction avec les «allégations» de Van der Kerken et Greenberg.

Ce sont ces chasseurs-collecteurs fabricants d'outils Âge Récent de la Pierre qui, à partir de -3000 ans, seront en contact avec des premiers villageois installés sur les affluents du fleuve Congo près de Mbandaka [...]

Des échanges de biens sur plusieurs centaines de kilomètres sont vérifiés partout où les villages s'installent (notamment échanges pour la production des haches en pierre) [...]

Tout ou partie de cet ensemble caractéristique d'un système de production villageois se trouve en RDC, d'abord vers – 2600 avec la Tradition Imbonga installée sur les berges des rivières Ruki, Ikelemba, Lulonga, affluents du fleuve Congo près de Mbandaka et du lac Tumba [3], [...] beaucoup plus tard vers – 2300 ans au Bas-Congo avec la Tradition Ngovo présente entre le fleuve Congo et la frontière moderne de l'Angola [...]

Partout ailleurs, dans les deux-tiers ouest de la RDC, des groupes de chasseurs-cueilleurs tailleurs de pierre continuent à vivre et développer leur système culturel; ce système sera d'abord profondément transformé par l'apparition des premiers contacts à longue distance (commerce/échange de biens) avec les premiers villageois qui, lentement au fil des siècles, pénétrèrent la forêt, plus tard avec la cohabitation puis parfois l'association entre chasseurs-collecteurs et villageois (relations complexes pluriséculaires entre chasseurs batwa et villageois sou-vent bantou).

SCHADEBERG (2003, p. 160), se reportant à VANSINA (1995), souligne l'importance de la foi qu'il convient d'accorder à ces résultats de la recherche archéologique dans les termes suivants:

Historical linguistics is strong in relative chronology but has no credible means to prove absolute datings. For these, links have to be made to other history-oriented disciplines. In the case of Bantu, we usually turn to archaeology.

Il doit, selon toute vraisemblance, avoir eu diverses communautés de chasseurs-cueilleurs, éloignées les unes des autres, parlant par conséquent des langues différentes (VANSINA 1991, p. 57). Il se pose plutôt la question importante de savoir quelles étaient ces langues, car il a été démontré que les langues bantoues étaient toutes parlées en dehors de leur aire actuelle (MOHLIG 1981); ce que rappelle JANSON (2007, p. 102) dans son article consacré à la «spirantisation» des occlusives proto-bantoues:

Bantu languages did not exist in Central and Western Africa south of the rain-forest 3,000 years ago, but when and how they appeared in various regions is still highly uncertain.

En l'absence de documents écrits, il demeure évidemment difficile de rétablir les faits de manière empirique. Pour la période récente qui nous occupe toutefois, il y a lieu d'admettre que la recherche sur quelques traces de la langue des autochtones dans les parlers bantous actuels des berges du Congo et ses tributaires — en tonologie et en phonétique du moins (PICAVET 1947, p. 137; HULSTAERT 1948, pp. 21-24; 1978a, pp. 115-117; 1988, pp.134-135; SULZMANN 1980, p. 469; THOMAS & BAHUCHET 1991, pp. 31-34; MOTINGEA 2010, pp. 205, 219) — ne serait pas, comme nous allons nous en rendre compte dans la suite, une chimère (VANSINA 1991, pp. 67-68).

La langue des nouveaux venus a très bien pu devenir la langue commune, non seulement entre villageois et chasseurs cueilleurs, mais aussi entre chasseurs parlant

des langues différentes. Pendant toute cette période toutefois, le nombre de villages des immigrants resta très faible par comparaison avec l’immensité des régions où ils s’installaient, leur prestige était contrebalancé par celui de la connaissance que les autochtones possédaient du monde environnant, et les villages furent restreints par les habitats les plus favorables à leur agriculture. Le mode de vie des autochtones ne fut affecté que d’une façon marginale et il faut conclure que leurs langues et cultures furent à peine touchées par les nouveaux venus jusqu’à ce que ces derniers aient acquis une plus grande maîtrise de leurs habitats et se soient multipliés.

HULSTAERT (1982a, 1984a, 1993a) et nous-même (MOTINGEA 1994a, 2002a, 2008a, 2010) avons produit quelques esquisses grammaticales sur les parlers minoritaires de la région du Fleuve et des lacs pour montrer comment ils disparaissent rapidement par suite du contact avec le lonkundó-móngo. Nous avons eu personnellement l’opportunité de publier un compte rendu de cette question dans le *Bulletin of the International Committee on the Urgent Anthropological and Ethnological Research* (MOTINGEA 2001-2002) et d’en reparler (MOTINGEA 2007) à la réunion de l’Unesco sur l’identification de bonnes pratiques de sauvegarde des langues en danger tenue à Addis-Abeba du 9 au 10 février 2007.

Mais, comme ces travaux ont été publiés essentiellement en français, et pour la plupart sous une forme quasiment artisanale, il n’est que normal que dans les cercles de spécialistes l’on puisse ignorer que des phénomènes, tels que la mort de langues, la convergence et la métatypie ou le changement de langue, même catastrophiques dans certains cas, qui relèvent de l’évolution non généalogique, ont pu s’y produire [4]. HULSTAERT (1982b, p. 10) a eu justement à se plaindre de cet état des choses dans l’introduction de sa monographie des Bondombe, une petite tribu de la haute Tshuapa:

[Bondombe] offre un bel exemple de la composition réelle de certains groupements móngo, obnubilés par une uniformité superficielle surtout dans la culture et la langue et donc généralement ignorée des ethnographes.

Il est vrai que l’histoire même des sociétés móngo reste encore à écrire (VANSINA 1987, p. 9), que plusieurs aspects linguistiques attendent d’être décrits (VINCK s. d.), et qu’aucune enquête sur la vitalité des langues du genre de celles que propose l’Unesco (2003) n’a jamais été menée dans la Cuvette centrale. Il existe tout de même des études sociohistoriques dignes de foi sur lesquelles on peut s’appuyer pour une analyse satisfaisante de la situation sociolinguistique et ethnique ancienne et actuelle de la région (BOELAERT 1947; EGGERT 1980; MAES 1984; SULZMANN 1984; KANIMBA 1995; VANSINA 1987, 1991; HULSTAERT 1986a, 1992a,b, 1994a, MUMBANZA 1974a,b, 1978, 1997, 2008; DEROLEZ 2006).

A défaut d’une tradition écrite, ces dernières études ont dû presque toutes puiser dans les résultats d’enquêtes ethnographiques menées par les missionnaires et les administrateurs coloniaux, consignés par VAN DER KERKEN (1944)

dans un ouvrage mémorable, voire unique à ce jour, *L'ethnie mongo*, dont la lecture — compte tenu du contexte historique de sa production — impose naturellement une bonne dose d'esprit critique, comme l'ont recommandé HULSTAERT (1972, pp. 36-37; 1984c, p. 13) [5] et VANSINA (1987, pp. 9-10). L'éminent spécialiste des langues congolaises que fut VAN BULCK (1948) a dû, lui aussi, dans le cadre de l'élaboration de son ouvrage *Les recherches linguistiques au Congo belge*, confronter presque systématiquement les renseignements d'ordre ethnologique contenus dans VAN DER KERKEN (1944) avec la documentation linguistique disponible à l'époque.

Quant aux aspects proprement linguistiques, nous pouvons nous estimer heureux que la grande crise en matériaux devant servir pour la recherche en linguistique comparative qui a marqué la fin de l'ère de Bryan, Guthrie, Meeussen, Tucker, Stappers et d'autres, dont se plaint NURSE (2000, p. 11) dans l'introduction de son étude *Inheritance, Contact, and Change in Two East African Languages*, n'a pas beaucoup affecté notre région. En dehors des études dialectales mentionnées ci-devant, il en existe bien d'autres qui ne visent pas nécessairement les groupes dont les parlars sont en voie d'extinction. Ces études peuvent toutes être exploitées pour une recherche en linguistique de contact, même si elles présentent la faiblesse de n'avoir été intentionnellement élaborées que dans le but de servir à la connaissance élémentaire des dialectes dans les domaines lexical et grammatical (HULSTAERT 1989, p. 43) et de ne représenter qu'une minime partie des faits observables à cause de l'état fragmentaire de la documentation disponible, surtout pour ce qui est de la syntaxe (HULSTAERT 1999, p. 18). HULSTAERT (1999, 2001, 2007) a d'ailleurs rassemblé des éléments nécessaires pour la dialectologie, quoique de manière un peu touffue. Pour l'instant, nous sommes en train de compléter ces matériaux en vue d'une reconstruction du proto-móngo (MOTINGEA 2015a) et aussi de l'ouverture d'une piste vers la reconstruction du proto-riverain.

1.3. QUELQUES PRECISIONS SUR LA TERMINOLOGIE

Notre emploi du terme «pidginisation» dans le présent article peut paraître idiosyncratique, c'est-à-dire non conforme au langage de certains créolistes. Nous nous reportons, en effet, plus ou moins simplement à ce qu'en a dit McWHORTHER (1995, p. 240) dans une phrase toute courte: «*I refer to the restructuring of African languages by Africans as pidginization*» — que ce soit sous l'influence d'une langue européenne ou d'une autre langue africaine dominante. Les clarifications apportées par MANESSY (1995) sur la nature de ce processus — se référant à SAMARIN (1979) et partant des notions toutes simplistes qui avaient été élaborées au début des années 1970 (HYMES 1971) — ne sont pas contradictoires à la définition de McWhorther: elles vont dans le même sens de restructuration, comme l'a rapporté NICOLAI (2001, p. 26) dans l'introduction de l'ouvrage qu'il a édité en hommage à Manessy:

Nous entendons par pidginisation, comme Samarin lui-même l'ensemble des modifications que subit une langue du fait qu'elle est employée par les locuteurs qui l'utilisent les unes et les autres, comme langue seconde dans les situations telles que:

- a) le contenu possible de l'information échangée soit dans une large mesure délimité par les circonstances même de l'échange;
- b) à l'intérieur de ce cadre, la langue assume de façon presque exclusive, la fonction de communication, sans que se pose le problème du choix de registres [...];
- c) la référence au bon usage s'estompe; les interlocuteurs se soucient moins de bien se parler que de bien se comprendre.

En effet, après avoir précisé que la pidginisation ne lui paraissait pas être le seul mode possible de formation des pidgins, car la stabilisation d'un «compromis linguistique» pourrait bien en être un autre, MANESSY (1995, p. 32) avait conclu que le problème des rapports entre pidgin et pidginisation n'était plus à ce niveau d'ordre linguistique mais sociolinguistique:

[...] s'il est vrai, par définition, que tout créole résulte de la créolisation d'un parler non véhiculaire (car c'est précisément cette genèse qui distingue le créole d'un idiome «normal»), il n'est pas vrai que toute créolisation aboutisse à la formation d'un créole. Nous retrouvons ici une distinction analogue à celle qui a été établie entre pidgin et variété pidginisée.

Africaniste comparatiste de terrain, MANESSY (1979, pp. 55, 71) a été parmi les premiers à se rendre compte du rôle que jouent ces processus dans la vie de toute langue, c'est-à-dire en dehors de toute situation de contacts particuliers:

Créolisation et pidginisation sont les manifestations d'évolution à l'œuvre en toute langue, probablement à tout moment et simultanément.

[...] on devra s'interdire de mesurer le conservatisme d'une langue à la complexité de son système morphologique. L'évolution n'est pas seulement simplificatrice et les parlars qui, par la richesse et la rigueur de leur organisation procurent le plus de satisfaction au linguiste ne sont pas toujours ceux qui offrent le reflet le plus fidèle du modèle ancestral [6].

Ces remarques sur les méthodes traditionnelles de la linguistique historique épousent parfaitement ce que relate ROSS (2003, p. 174) sur son expérience dans l'étude des langues de la Nouvelle-Guinée:

One of the things I noticed again and again was the quantity of data which was left unaccounted for. In the case of lexical items this is either because there was nothing in other languages to compare them with (that is, there were no cognate forms) or because they did not show regular sound correspondences with apparent cognates in other languages. More significantly, there were other patterns in data which I could not account for because the comparative method does not have much to say about them.

Plus récemment, dans un article compte rendu, NICOLAI (2012, p. 284) — après avoir indiqué qu'un inventaire de tous les domaines concernés par le contact des langues aujourd'hui serait pléthorique — a même dû formuler la remarque importante ci-après :

On constatera [...] que l'étude des situations de contact et leurs effets sur la langue ne constituent pas un domaine fermé, car c'est quasiment l'ensemble des disciplines linguistiques qui se trouve concerné (linguistique historique, dialectologie, sociolinguistique, psycholinguistique, linguistique aréale, typologie, pragmatique). Ainsi, ce qu'on aurait pu penser présenter comme une thématique accessoire a fini par se transformer en une véritable problématique.

Pour ce qui est de la métatypie, ROSS (2007, p. 124), qui a lancé le terme il y a environ deux décennies, a dû le redéfinir dans les termes suivants en vue de le distinguer nettement d'autres changements provoqués par le contact des langues :

[Metatypy is a] diachronic process whereby the morphosyntactic constructions of one of the languages of a bilingual speech community are restructured on the model of the constructions of the speakers' other language, such that the constructions of the replica language come to more closely match those of the model language in both meaning and morphosyntax. Metatypy means 'change in type' [...], where 'type' is used in the sense implicit in the term 'typology': SOV and SVO are clause 'types', NOUN + DETERMINER and DETERMINER + NOUN are phrase 'types', and so on.

Le terme métatypie est effectivement pris dans notre article sous cette acception générale, un terme d'histoire naturelle signifiant changement de type. Le fait qu'une langue bantoue ait dû, à cause du contact avec une autre langue, réduire ou perdre l'usage des préfixes, la conjugaison négative ou passive, ou encore remplacer le fonctionnement du système de classes (l'âme de la morphosyntaxe et de la sémantique bantoues) par celui de l'opposition «animé vs. non animé», le préfixe de l'infinitif motionnel par une préposition, acquérir de nouvelles classes morphologiques, introduire des éléments syntaxiques nouveaux, tels que la postposition des indices locatifs ou aspectuels, relève bel et bien de la métatypie. On devrait d'ailleurs étendre les changements typologiques dus au contact des langues à la structure phonologique: passage de sept à cinq voyelles, réduction des séquences NC à C, fusion des schèmes tonals *HB et *HH en HH, remplacement de la syllabe ouverte par la syllabe fermée en fin de mot, ce qui constitue un changement dans «la façon de parler» (VANSINA 1991, p. 212).

L'action d'une langue sur une autre s'exerce — comme l'a fait remarquer HULSTAERT (1979, p. 601) — dans tous ses éléments: lexique et grammair, et pour ce dernier: phonologie, morphologie et syntaxe. C'est sous tous ces aspects que NURSE (2000) a d'ailleurs étudié l'influence de l'orma, une langue couchitique, sur l'ilwana, une langue bantoue du Kenya que ROSS (2003, p. 188) a bien retenue sur sa liste d'exemples de langues qui ont subi une métatypie.

Ross (2007, p. 129) a d'ailleurs reconnu — même en restreignant sa définition initiale de ce phénomène — qu'une nette distinction entre celui-ci et le calque grammatical n'est pas toujours évidente:

[...] the boundary between grammatical calquing and metatypy may not be easy to draw [...] the border between grammatical and metatypy is a fuzzy one. If calquing results in constructions that look syntactically like those of the model language, then the basis has already been laid for metatypy [...] the more profound the morphosyntactic differences between the calquing language and the model language, the less likely metatypy occurs. But this is a hypothesis which needs a good deal of further research.

Commentant la définition proposée par ROSS (2007, p. 124), HEINE (2010, p. 18) trouve finalement que la métatypie ne constitue qu'un cas extrême de ce que l'on décrit dans le cadre théorique de certaines études portant sur les phénomènes de contact comme étant de la convergence.

Aussi, plutôt que de nous laisser égarer par une querelle de théoriciens, nous nous limiterons ici à montrer surtout les effets de la «mongoïsation» sur la structure lexicale, phonologique et morphosyntaxique des langues de la région du Fleuve, comme l'a fait récemment YONEDA (2010, p. 140) en ce qui concerne la «swahilisation» du matengo, une langue bantoue parlée à l'extrême sud-ouest de la Tanzanie:

What is taking place in Matengo language is a phenomenon called “Swahilization” as opposed to a clear “language shift”.

Même dans ce cas, la notion de bilinguisme, comme celle de diglossie, pose problème en Afrique subsaharienne (CALVET 1993, p. 45). En étudiant les parlers mʒyé du Moyen-Congo (MOTINGEA & BIAKO 2015), nous nous sommes rendu compte qu'il ne suffit pas d'identifier les locuteurs comme bilingues mʒyé-bobangi, car ils parlent en plus le lingála et une sorte de français, et même aussi le kiteke, pour certains d'entre eux du moins. SCHEBESTA (1952, p. 374) a rencontré chez les Bambuti de l'Ituri «des individus parlant jusqu'à cinq idiomes (y compris le kingwana)». Dans la conclusion à ses témoignages pour la dialectologie mʒngɔ, HULSTAERT (1978b, p. 371) a décrit brièvement la situation sociolinguistique aux missions de Bamanya et de Bokuma de la manière suivante:

La population de la mission de Bamanya compte 1/3 de Ngombɛ à côté de 1/3 de Mɔngɔ (Nkundó) et 1/3 de Pygmoides (qui parlent lɔmɔngɔ). Ici comme à Bokuma et dans les villages limitrophes, les Ngombɛ parlent comme seconde langue le lɔmɔngɔ (l'inverse ne semble pas exister ou du moins être rare), mais continuent entre eux de converser dans leur langue maternelle et — dans une certaine mesure — de l'enseigner à leurs enfants.

On doit même dire que cette description ne traduit que partiellement la réalité des usages linguistiques. En effet, outre qu'il faut aussi compter quelques restes des Losakani parmi les Bamanya et Ntombá-Maála vers le Beach, considérés

aujourd'hui comme des Bolóki (HULSTAERT 1992b, p. 223), tout le monde ici parle lingála avec les étrangers, surtout à la foire hebdomadaire; et il existe — comme il l'a témoigné ailleurs (HULSTAERT 1979, p. 610) — une classe de personnes instruites qui se laissent aisément aller au *code switching*:

Pendant de longues minutes il [le fonctionnaire] fit un exposé clair, précis, sans arrêt, dans le plus beau mélange linguistique que j'aie jamais entendu: du plus pur lomongo avec du pur français, sans aucune erreur, hésitation, interruption, sans le moindre élément lingála — comme fait rarissime dans pareil contexte — et le tout s'enchaînant dans le plus beau style: un vrai morceau littéraire faisant plaisir à entendre.

A la question de savoir si l'on peut parler de langues mortes dans la Cuvette, si l'on se base sur les deux premiers critères des six qui ont été retenus par un groupe d'experts de l'Unesco (2003, p. 9) en vue d'évaluer la vitalité des langues, à savoir la transmission de la langue d'une génération à une autre et le nombre absolu de locuteurs, et en même temps de tenir compte des forces externes qui peuvent mettre une langue en danger (Unesco 2003, p. 4), la réponse est affirmative car il y a des langues que plus personne ne parle aujourd'hui, puisqu'il ne reste plus aucun locuteur.

On peut commencer par mentionner le cas des ancêtres des Bapere dans le bassin de l'Aruwimi qui font partie de petits groupements qu'on classe sous le nom de «Mongelema de l'eau» par opposition aux vrais Mongelema que sont les Babéo dont la langue étudiée par le P. GERARD (1924) du Sacré-Cœur de l'ancien vicariat de Stanleyville est apparentée à celle des Baboa. VAN BULCK (1948, pp. 632-633) — tout en regrettant l'absence d'une documentation relative à leurs parlers — s'est demandé si ce n'est pas là que l'on retrouverait les restes d'anciens dialectes, complètement disparus. A lire ce que rapportent VAN BULCK & HACKETT (1956, pp. 71-72) du groupe «Mongelema de l'eau», on peut craindre qu'il ne soit déjà trop tard:

Eduumbi or 'Litungu', spoken by the 'Watungu' riverines.

- (a) 'Wangbelima de l'eau', in the Panga region. Only the old people still speak Eduumbi; the young have adopted Napopoyi-ti;
- (b) The 'Watungu' riverines of Banalia (B. 438). This comprises: the village of Bambomboli to the west of the River Longele (only the old people still speak Eduumbi here; the young speak Libwali); the Bombwa Group (Banalia clan); the Banalia fishermen; the river villages west of Banalia (Musegi, Ayonga, Amoti, amongst others).

In the last three cases, the young people speak Leangba or Leboro.

On peut ensuite citer le cas des Yasanga des chutes de Kisangani qui ont été forcés de déguerpir avec l'arrivée des Wagenya (VAN BULCK & HACKETT 1956, p. 72).

At the present day there remains nothing of the Yasanga beyond a clan name still used amongst the 'Baenya'. Of the Yasanga language there remains no trace; as for that of 'Baenya', it has hardly any relationship with the group under consideration.

Des situations analogues se sont produites ailleurs sur les berges du Congo et ses tributaires. Dans une étude que nous avons consacrée au parler des Mbenga (MOTINGEA & BONZOI 2008, p. 12), nous avons rappelé les traditions des Bolóki et des Ibókó au sujet des Bwati ou Bwatu qu'ils auraient rencontrés vers 1800 sur le site actuel de Mankanza au moment où ils arrivaient au fleuve, venant de la Ngiri, et refoulés sur la rive gauche où on ne trouve plus trace de leurs descendants (MUMBANZA 1978, p. 237). D'après VAN DER KERKEN (1944, pp. 190, 198), ces populations vivant en petits groupements, peut-être clairsemés, auraient habité le pays actuel des Ngombé Bombéle à une époque ancienne.

Un autre cas d'extinction est celui des Nsesé ya Bosanga du lac Maindombe, une population d'origine inconnue (PHILIPPE 1954a, p. 88) que les récits de tradition ont présentée comme des Arabes à cause de leur peau jaunâtre. Tout en abondant dans le même sens, VAN EVERBROECK (1961, p. 4) précise que cette région était habitée par ces Nsesé ya Bosanga avant l'arrivée des Bolia et des Ntómá, que leurs ancêtres seraient venus de très loin, du côté du «soleil levant». Une synthèse de ces récits a été présentée par VANSINA (1991, pp. 155-156) de la manière suivante sur la base des traditions des Bolia:

Dans les traditions pertinentes, la route de leur migration est des plus vagues jusqu'à l'arrivée des Bolia sur la haute Lokoro, non loin de l'actuelle Lokolama. Là, les migrants furent arrêtés par Lotoko, chef de «l'essaim de frelons des Bosanga» (*Nsese la Bosanga*), dont la capitale était Ibayima et qui régnait sur les terres entre les sources de la Lotoi et de la Lokoro. Mais les Bolia défièrent les Bosanga. Ils prirent les insignes de Lotoko, son tambour, son panier de vêtements richement brodés de coquillages exotiques, et les donnèrent à leur chef. Leurs alliés, les Ntomba, poursuivirent Lotoko et le tuèrent, ce qui leur permit de devenir *nkúmu* également. Puis les deux groupes continuèrent leur chemin vers les terres entre les lacs Mai Ndombe et Tumba. Les Bolia soumièrent la population aborigène qu'ils y trouvèrent. Plus tard, un groupe de Ntomba quitta le lac Tumba, détruisit les derniers restes des Nsese ya Bosanga au bord du lac Mai Ndombe et s'établirent [*sic*] dans la capitale de leurs ennemis, aujourd'hui Inongo.

D'aucuns doutent évidemment de l'historicité de ces récits — comme l'a fait HULSTAERT (1987, p. 37) dans sa lecture critique de VAN DER KERKEN (1944) [7].

A plus d'un endroit de l'ouvrage, il est même question de populations antérieures exterminées; par exemple: «Les régions où ils [les Mongo] vivent actuellement ont été habitées antérieurement. Les anciennes populations ont été ou anéanties, ou assujetties, absorbées, assimilées ou refoulées par les conquérants» (p. 51).

Tout cela est certes bien possible, mais où sont les preuves? Où sont passées les populations refoulées? Comment s'appellent-elles?

Il ne manque pourtant pas de témoignages sur des cas d'extinction de langues plus ou moins récents. Au premier colloque du Centre Æquatoria tenu en octobre 1987, Jérôme Mumbanza, originaire des Likoká, a annoncé la disparition d'une langue, celle des Mangála de Nyongu, qui dans son village n'était plus parlée que par sa grand-mère qui venait de mourir (MOTINGEA 1996a, p. 172). Dans

son article sur les Bangála du Fleuve, MUMBANZA (1974a, p. 628) avait déjà pu signaler que cette langue n'était plus usitée que par trois locuteurs.

Revenant sur les groupements éteints aux environs de Mbandaka dans les dernières lignes de son étude d'onomastique m'óngó, HULSTAERT (1992b, pp. 274-275) a tout de même dû appeler à une certaine prudence au sujet du concept d'extinction de langues:

Suite à la fondation de la ville et surtout à son extension, les clans autochtones ont dû déménager ou s'égailler comme individus. [...] De cela on ne peut pas déduire qu'il ne demeure plus de descendants de ces lignages. Mais ils se sont dispersés soit dans une famille apparentée ou alliée. [...]

Une situation semblable s'observe là où des plantations modernes ont causé le départ des autochtones et la perte de leur domaine foncier; p. ex. centres administratifs et plantations.

La situation est différente p. ex. chez les Bolóki. Là nous notons comme effectivement éteints: Botóko, Bolómbó, Ikáká, Mpómbó, Ntómbá éa Maála [...], mais d'aucuns maintiennent la présence de l'un ou l'autre membre encore en vie. Une situation semblable existe pour Botóko et Bósofo. [...]

Il faut donc relativiser [*sic*] toute affirmation de l'extinction de tel ou tel groupement.

Rapportant l'évolution de la langue chez les Nkóle de Bokúma dans la Ruki, HULSTAERT (1984b, p. 62) a encore pu indiquer que même si ces derniers étaient en train de perdre leur langue ancestrale, il existe bien des groupements apparentés ailleurs qui la conservent encore:

[...] j'ai encore trouvé l'occasion de prendre des notes à Bokuma avec de tout vieux Nkóle en 1939 — les moins âgés parlant déjà lolíngá de leurs voisins Ikéngé et Bokélé, de sorte que cette forme de l'nkóle est maintenant éteinte.

Malgré sa quantité limitée cette documentation montre clairement la parenté parfaite avec les Nkóle de la Lokoló dont ils se disent originaires, et cela tant pour la phonologie et le lexique que pour la morphologie, comme pour le connectif, les possessifs, les démonstratifs, la conjugaison.

Cette consolation que peut éprouver le linguiste comparatiste face à de telles situations de contact ne se limite pas aux dialectes; elle peut aller jusqu'au niveau des langues elles-mêmes (NURSE 2000, p. 12): «[Gweno] now dying but historically involved with a network of other Bantu languages, most obviously neighboring Père».

Un cas similaire dans le bassin central congolais serait celui de la langue des Nsámá qu'on trouve à l'est du domaine m'óngó, fortement acculturés par les Bakutu, et qui racontent être venus du nord où ils seraient apparentés aux Nsámá de la Lúwó (ISEKOLONGO 1960, p. 57; HULSTAERT 1972, p. 52). L'ethnonyme Nsámá est pourtant aussi appliqué aux Ekonda par les Iyémbé (ROMBAUTS 1946, p. 148), mais certaines tribus ekonda disent que ce sont les Iyémbé qui sont les *Nsámá* (prononciation des Iyémbé). Or nous savons que

ces deux derniers groupes sont — selon les traditions — venus de la région des Ekota et des Bakutu. Ils ne justifient donc ici leur point de vue sur la langue de l'autre que péjorativement, par le fait que ce dernier parle d'une manière un peu «bizarre». Une correspondance de Hulstaert à ROMBAUTS (1946, p. 149) — que nous exploitons dans la suite au sujet du lokonda — a permis de trancher la polémique:

Je connais des Nsámhá, tribu presque éteinte. Ils habitent sur la Maringa, au nord des Ekota, qui se disent Baséká Mputela. L'origine et l'apparement de ces «Nsámhá» ne sont pas encore bien définis. Leur groupement le plus important se trouve au sud de la Tshuapa, à 17 km de Boéndé; ils ont adopté les coutumes des Bakutu voisins. Il existe encore d'autres Nsámhá, qui sont des Batetela, le long du Lualaba, près de Kongolo-Kasongo.

La prudence doit aussi être de mise en ce qui concerne la notion de changement de langue telle qu'elle apparaît parfois dans la littérature ethnographique. Il peut ici s'agir, surtout dans la périphérie du domaine, de cas de préservation:

- Les Móngo-Liinja d'Opala, qui parlent du pur lómóngo, pour avoir été traités par l'administration et dans la littérature ethnographique coloniale comme des Mbólé, n'ont eux-mêmes aujourd'hui plus conscience d'être des Móngo (MOTINGEA 2008b, p. 261).
- Les Ikonya, dits Bangóngi sur le lac Maindombe et considérés comme appartenant au sous-groupe dialectal extrême-ouest des Batende (ELLINGTON 1977, p. VIII), parlent une langue qui diffère notablement du ketende (ELLINGTON 1977, MOTINGEA 2004a,b) et qui se rapproche plutôt du bobangi (WHITEHEAD 1899; MOTINGEA 2010, pp. 15-52). ELLINGTON (1977, p. XIII) justifie les divergences qu'on peut observer du fait que les Ikonya furent à l'époque coloniale détachés de l'autorité des chefs Batende pour être placés sous celle des chefs Baséngelé.

Après ce long aperçu sur les concepts de pidginisation, convergence, déclin, changement de langue et mort de langues, voici la situation sociolinguistique telle qu'elle se présente concrètement dans le bassin central congolais.

2. Le Moyen-Congo et l'entre-Ngiri-Ubangi

2.1. EXTINCTION DES PARLERS RIVERAINS

Entre Bumba et le confluent du Kasai avec le fleuve vivaient avant l'avènement des Móngo et des Ngombé diverses nations de pêcheurs et de navigateurs dont les langues sont presque toutes aujourd'hui en voie d'extinction complète, à cause de l'assimilation progressive aux parlers des terriens (TANGHE 1930,

p. 343; HULSTAERT 1982a, pp. 8-10). D'amont en aval, on peut encore citer les Ya-Mbenga, les Bapɔ́ɔ́, les Motémbɔ́, les Loséngɔ́, les Ibɔ́kɔ́-Mankanza, les Bolóki, les Eléku, les Baénga, les Mpámá, les Banunú, etc. HULSTAERT (1984b, p. 11) n'a pas eu tort de croire en leur unité génétique. En effet, si les Ya-Mbenga, sur lesquels on ne possède pas encore de documentation linguistique, les Bapɔ́ɔ́ et les Motémbɔ́ semblent s'en séparer, les autres groupes ont dû constituer avec ceux de l'entre-Ngiri-Ubangi et de la Sangha-Likouala une vraie «ethnie», celle des Bangála, dont l'habitat le plus ancien serait à placer dans une région située sur la haute Sangha, au sud du Cameroun (MUMBANZA 2008, p. 97).

KANIMBA (1995, p. 242) s'est tout de même posé une question pertinente au sujet des rapports génétiques entre ces diverses communautés de riverains, notamment celle de savoir si la parenté constatée entre leurs parlers traduit un lien de filiation ou résulte de contacts prolongés. Selon lui, la réponse ne peut venir que de l'étude comparative systématique des dialectes, notamment de la comparaison des éléments phonologiques et morphosyntaxiques.

Notre thèse de doctorat à Leyde (MOTINGEA 1996a) a répondu partiellement à cette préoccupation; la recherche n'avait pourtant pas pu intégrer les données relatives aux riverains habitant en dehors de la région marécageuse qui se présente sous la forme d'un triangle constitué par la confluence du fleuve Congo avec l'Ubangi. Sont aussi, en effet, à considérer comme appartenant au même groupe ethnique les groupes riverains ci-après:

- Elíngá de la Ruki et de la Lovílaka-Lokoló (KANIMBA 1995);
- Baénga du territoire de Basánkoso, venus de la région du Fleuve (KORSE *et al.* 1990, p. 8) [8].

Le parler des Baénga de Mampoko (MOTINGEA 2008a), qui ont évolué dans une situation de multilinguisme plus ou moins équilibrée puisqu'ils côtoient non seulement les Móngɔ́ mais aussi les Ngɔ́mbɛ, a tout de même survécu, vu l'absence d'un groupe adjacent culturellement dominant.

En amont de Mankanza et le long de la Mongala, les Motémbɔ́, estimés seulement à cinq mille individus (LEWIS *et al.* 2014), et les Bapɔ́ɔ́ (MOTINGEA 2004c) présentent une situation similaire à celle des Baénga de Mampoko: leur langue a été conservée, malgré les nombreuses alliances et une cohabitation pacifique avec les Ngɔ́mbɛ (DE BOECK 1951, p. 918).

On ne doit cependant pas négliger l'existence d'un certain nombre de facteurs socio-économiques anciens et récents qui pourraient dans un proche avenir jouer dans l'extinction rapide de leur langue:

- Dépopulation due aussi bien à une sorcellerie meurtrière [9] qu'aux guerres intestines (COQUILHAT 1888, p. 293; VAN DER KERKEN 1944, p. 193);
- Engagement massif au service de la Société anonyme belge pour le Commerce du Haut-Congo (S.A.B.) et de l'Office d'exploitation des Transports coloniaux (OTRACO) qui avaient établi des factoreries et des postes très

importants chez eux à Loséngɔ, Mobeka, Akula, Ukaturaka, Mombindo, Buja-Líyɛ, Buja-Ngalé, Erenyé — la conséquence naturelle ayant été l'afflux des étrangers vers ces villages traditionnels transformés en de véritables centres semi-urbains;

- Immigration massive vers Mbandaka et Kinshasa [10];
- Dépopulation par la maladie du sommeil et la malaria qui sévissent encore dans toute la région;
- Déplacement par l'administration des îles du Congo vers la terre ferme;
- Scolarisation et évangélisation essentiellement en lingála;
- Emploi massif de cette *lingua franca* dans les centres commerciaux et, pour les Motémbɔ́ de la Mongala, bilinguisme en ngbandi (LEWIS *et al.* 2014, p. 89).

Le cas des Elɛku et Bolóki dans la région de Mbandaka, au confluent du Congo avec la Ruki et l'Ubangi, est très typique: leurs parlers y ont connu un changement catastrophique. En plus de l'assimilation aux voisins Mɔ́ngɔ-Nkundó numériquement supérieurs, il y a eu en effet d'autres facteurs plus déterminants pour leur extinction (HULSTAERT 1982a, p. 9; HULSTAERT 1986a, pp. 94-97, 103-113):

- Submersion par les émigrés de la Ngiri, qui passent pour être tous des Libinja;
- Délogement et dispersion par l'administration coloniale suivis de l'extension de la ville;
- Extermination par les expéditions punitives de l'Etat, cas des Bolóki de Bɔ́lɔmbɔ́ (HULSTAERT 1986a, p. 107) [11];
- Décimation par des maladies: la maladie du sommeil principalement [12], mais aussi la dysenterie, la variole et la grippe espagnole;
- Dénatalité [13];
- Politique d'homogénéisation linguistique menée par les missions.

TANGHE (1930, p. 343) avait déjà pu faire le constat que le lɔ́lɛku n'était plus parlé que dans quelques rares villages à l'embouchure de la Lulonga et de la Ruki. Quant à la dispersion géographique de cette langue, on peut se reporter à POPPE (1940, p. 114) à qui les Elɛku installés jadis sur l'île Safala en face de Mbandaka ont confié qu'ils sont partis de ce lieu pour immigrer vers la Tshuapa à cause des moustiques et de la guerre. L'auteur a compris que la raison principale était leur infériorité militaire:

[L]es Elɛku, à part leurs lances pour la pêche, ne possèdent pas d'armes. Leurs moyens les plus sûrs de conservation furent donc leurs embarcations avec lesquelles ils se dispersèrent le long des rivières.

HULSTAERT (1982a, pp. 63, 68) a précisé que les parlers Elɛku ont été affectés à des degrés différents, selon la région. Aussi a-t-il pu de l'esquisse grammaticale élaborée sur la base des notes prises en 1937 chez les Boyéla, qui s'étaient

alors installés successivement là où se trouvent l’actuelle résidence du gouverneur et le chantier naval de l’Onatra à Mbandaka, tirer la conclusion suivante :

[...] l’affinité est plus nette pour le *lómóngó*; ce qui est un argument pour le mélange. Elle penche vers le bobangi pour la morphologie, élément considéré plus stable dans la majorité des comparatistes (HULSTAERT 1982a, p. 46).

Cette assimilation au *lómóngó* est plus prononcée chez les *Eléku* de *Bólóngó*, un village situé sur la rive droite de la *Lológó* en amont de l’embouchure près de *Lolángá* (HULSTAERT 1982a, p. 47).

Les renseignements disponibles montrent une assimilation considérable au *lómóngó* voisin, même dans la morphologie. On y observe des formes verbales étrangères au *léléku* présenté ci-devant et surtout une vraie conjugaison négative absente dans les parlers des Riverains du Fleuve.

Quant au lexique, dans l’absence d’une liste de mots, leur nombre est nettement plus petit. Sauf oubli nous avons 144 substantifs, dont 123 communs avec le *lómóngó* (parmi lesquels 9 me paraissent être des emprunts directs); 4 propres au *léléku* n’ont pas été observés à *Boyéla*. En outre, on peut supposer 3 emprunts au *lingála*, dont un peut-être au *lingombé*.

Les 4 adjectifs se retrouvent aussi en *lómóngó*, d’où l’un d’eux (*isísí*) est un emprunt incontestable.

Pour les verbes, nous avons 62 radicaux-bases dont 7 sont propres aux *Eléku*, le reste commun avec les *Móngó* (dont 2 manifestement empruntés récemment) (HULSTAERT 1982a, p. 63).

On l’a pourtant renseigné que la langue avait survécu à *Bóndó* sur l’*Ikelemba*, et peut-être aussi à *Lolángá* (HULSTAERT 1982a, p. 9), une situation qui serait alors pareille à celle du *bolóki*. On peut effectivement constater, pour ces derniers, que leur langue ancestrale est encore parlée en aval de *Mankanza* à *Bolómbó* (MOTINGEA 2015b), un bourg d’environ cinq cent trente habitants d’après l’Institut national de la Statistique (Tiker Tiker & Cie 1992, p. 86), telle qu’elle se parlait au poste de la mission protestante de *Monsembé* disparu dans les années 1900 (VINCK 2000, MOTINGEA 2002a). Par contre, près de *Mbandaka*, au village *Bósóó* — qui comptait environ quatre-vingts individus en 1905 mais où l’on ne pouvait plus identifier que deux adultes survivants masculins (HULSTAERT 1986a, p. 105) — il n’en reste presque plus rien ni dans le lexique ni dans la grammaire, ni même dans la phonétique, sinon de simples fossiles (MOTINGEA 2015c), comme l’indiquent les dix phrases ci-après puisées dans les phrases d’enquêtes de Hulstaert conservées dans les archives du Centre *Æquatoria* :

lond’ouko ale eóto ená wǎlí ónámí

lo-endo	o-íko	a-le	e-óto	e-ná	bo-alí	ó-námí
11-mâle	1-DEM*	1-COP	7-parent	7-CON	1-épouse	1-POSS:1SG

‘cet homme est parent de mon épouse’

* Cf. sigles et abréviations utilisés, p. 360.

mpa la yomba

Ñ-fa la yomba
1SG-COP:NEG COM quelque.chose
'je n'ai rien'

mpéye winá bótá 'mí lói ngelé

Ñ-fá éy-e bo-íná bó-tá 'mí lói ngelé
1SG-COP:NEG savoir-FV 3-jour 3-aller moi ASP aval
'je ne sais pas le jour où je naviguerai en aval'

emí ntsíky'ondo yosó

emí Ñ-tsí-kí òndo yosó
moi 1SG-NEG-COP² ici avant
'je n'ai pas été ici auparavant'

mbengi ámbóté boenga la nkésé

Ñ-beng-i á-mba o-tá-é bo-eng-a la nkésé
9-chasser-FV 1-AUX 15-aller-FV 3-chasser-FV COM matin
'le chasseur est allé à la chasse'

mpé ntáoma nyama

mpé ntá-om-a nyama
et 3SG:NEG-tuer-FV bête
'mais il n'a pas tué de bête'

bafokú báfólangé bátokol'ási,

ba-fokú bá-fá ó-lang-é bá-tok-ol+e bási
6-jeune.fille 6-COP¹ 15-vouloir-FV 6-puiser-SEP-FV eau

bátokolake ô ntókólá

bá-tok-ol+ak+e ô Ñ-tók-ol+á
6-puiser-SEP-PF-FV rien.que 9-puiser-SEP-FV
'les jeunes filles ne veulent pas puiser l'eau, elles doivent puiser'

Njakomba ifosisoya bant'an'ábé

njakomba á-ífo-sis-oy+a ba-nto ba-ná ba-bé
Dieu 1-FUT-punir-AUG-FV 2-homme 2-DEM 2-mauvais
'Dieu punira les gens méchants'

óntsíké felé mpángá nkokímé

ó-Ñ-tsí-k-é felé mpángá Ñ-ko-kím-é
2SG-1SG-cesser-FV un.peu ensuite 1SG-2SG-suivre-FV
'laisse-moi un moment, je te suivrai ensuite'

isúa yóyé ekeké nó?

i-súa i-ó-yá-é ekeké nó
5-bateau 5-PRO-venir-FV moment INTER
'quand viendra le bateau?'

lontsɔ̄ lõtosómbélé bikútu

lo-ntsɔ̄ lo-ó-to-sómb-el+é bikútu
2PL-aller:IMPER 2PL-MOT-1PL-acheter-APPL-FV calebasse
'allez nous acheter des calebasses!'

njobólaka bebóla béfě

Ñ-o-ból-ak+a be-ból-a bé-fě
1SG-1-frapper-PF-FV 4-frapper-FV 4-deux
'je l'ai frappé deux fois'

Le lexique peut donner l'impression qu'il y existe bien des éléments bolóki, mais nombreux sont en réalité à exclure à cause de la phonétique et de la grammaire qui indiquent clairement leur appartenance au lõmɔ́ngɔ̄. Les seuls mots riverains propres sont la conjonction de coordination *mpé* et le verbe *-bóla* 'frapper', qui est d'ailleurs vraisemblablement emprunté au lingála urbain, car dans les langues tribales son sens est celui de briser ou écraser. Les réminiscences grammaticales du proto-riverain sont également nulles; les quelques éléments qui peuvent être signalés comme non-mɔ́ngɔ̄ sont plutôt ekonda:

- Parfait à finale verbale *-é* au verbe principal avec comme auxiliaire *-mbá* CS. 2 'devenir, être';
- Interrogatif *ńɔ̄*;
- Construction possessive à l'aide du démonstratif *-ná*.

En définitive, nous devons dire que le déclin des langues minoritaires va naturellement s'accélérer du fait qu'aucune action — comme nous l'avons fait remarquer à la réunion de l'Unesco à Addis-Abeba (MOTINGEA 2007, p. 449) — n'a été jusqu'ici entreprise dans le sens de leur sauvegarde ou de leur revitalisation, mais surtout à cause de la mongoisation qui a affecté partout les petits groupes de riverains installés aussi bien sur les berges du Congo que sur celles de ses tributaires (HULSTAERT 1984d, p. 10).

Le [dialecte] n° 1 se rapporte aux villages Iwalí et Yalɔ́fɔ̄tɔ̄, établis à l'aval du poste administratif de Bokungú. A l'instar de tous les Riverains ils sont linguistiquement incorporés aux Terriens voisins dès l'époque précoloniale.

Pour une évaluation de la vitalité des langues minoritaires du bassin central congolais dans leur ensemble, le seul facteur qui importe réellement est donc celui de l'utilisation de la langue dans les différents domaines publics et privés, les autres facteurs étant peu importants comme ils visent spécialement les communautés monolingues. Ce seul facteur permet d'attribuer à nos langues, selon les cas, une cote qui peut se situer entre 4 et 0 (Unesco 2003, p.11):

- Parité linguistique (4), cas du motémbɔ́ et des parlers de la Ngiri-Ubangi qui ont pu conserver leur autonomie et se trouvent dans la même situation que

les langues tribales majoritaires (lingombɛ et ɓɓɓɓɓɓɓɓ) face au lingála et au français;

- Domaines en déclin (3): la langue dominée perd du terrain — cas le plus répandu dans la région du Fleuve sous l'influence du ɓɓɓɓɓɓɓɓ et du lingombɛ;
- Domaines limités (2), cas des langues — même majoritaires — dans les milieux urbains ou semi-urbains où la langue ancestrale ne retrouve la possibilité d'être réellement parlée qu'à l'occasion des diverses cérémonies traditionnelles (deuil, mariage, palabre familiale) au cours desquelles les personnes âgées se retrouvent;
- Domaines strictement limités (1), cas chez les chasseurs-cueilleurs tels que les Jɔfɛ et les Lokaló dans la haute Tshuapa [14], chez les Mɔ́ngɔ de Bosó Likólo parlant lingombɛ et n'utilisant le ɓɓɓɓɓɓɓɓ qu'à l'occasion d'événements «graves» tels que le deuil et le mariage (BOKONGO 2011, p. 59), tout comme chez les riverains Baénga de Bansákoso où la langue ancestrale n'est plus détenue que par des magiciens *nkanga* à travers les prières et surtout les chants qui accompagnent l'accomplissement de certains rites (KORSE *et al.* 1990) [15];
- Morte (0), cas du yasanga, du bwati ou du parler mangála de Nyɔngu, à ne pas confondre avec ceux de changement de langue — c'est-à-dire de transfert, selon la terminologie de l'Unesco (2003, p. 15) —, qui sont assez nombreux.

Parmi ces derniers cas, le plus frappant est celui des riverains Baénga de Bansákoso mentionnés ci-devant, qui s'explique plus par l'action négative de l'administration coloniale que par le nombre imposant d'immigrants. Voici à ce sujet quelques extraits des rapports des agents coloniaux contenus dans l'étude de LONKAMA (1990, pp. 385-388):

[...] Les Baenga (riverains) refusent de se soumettre à l'autorité du Secteur de Basankusu composé des Mongo (terriens). Ils réclament un secteur autonome les rattachant aux autres riverains.

[...] Ils déclarent qu'étant riverains, ils ne veulent pas être incorporés à une circonscription peuplée en majorité de Mongo et ayant pour chef un Mongo, qu'ils appartiennent à une autre race. Ils disent — ce qui est exact — qu'ils se sont installés dans la région avant la plupart des Mongo du secteur, qu'ils furent au début les intermédiaires entre les blancs et les Mongo, permirent la pénétration européenne à l'intérieur du pays, fournirent les premiers chefs et auxiliaires [...].

Il a été rappelé à ces riverains que, même avant l'arrivée de l'Européen, ils avaient des alliances matrimoniales avec les Mongo, qu'elles se sont multipliées depuis, que les Baenga ont abandonné leur langue et presque toutes leurs coutumes, pour adopter la langue et les mœurs mongo [...] Rien n'a pu ébranler l'opposition entêtée et farouche de ces indigènes.

Ils ont déclaré vouloir se plaindre à Monsieur le Substitut du Procureur du Roi [...] veulent se rendre à Coquilhatville et se plaindre à Monsieur le Chef de la Province.

[...] Ils ont ajouté que si satisfaction ne leur serait [*sic*] pas donnée à Coquilhatville, ils quitteraient leurs emplacements actuels, brûleraient leurs cases et iraient s'installer à Lulonga ou dans le fleuve. [...]

Imposer aux Basankusu [Baenga] de se soumettre à la nouvelle organisation, aux autorités administratives et judiciaires récemment nommés.

Cette solution paraît la meilleure, elle évitera un précédent fâcheux, un exemple pernicieux. Elle permettra d'englober les Basankusu dans une circonscription viable et pouvant être administrée. [...]

Pour assurer cette soumission des Baenga, il faudra prendre éventuellement des mesures sévères: relégation de meneurs, répression impitoyable de tout acte de mépris ou d'insoumission envers les nouvelles autorités indigènes [...].

De petits groupes des Ngombɛ et des Mɔ́ngɔ vivant avec les riverains ont cependant eux aussi été soumis à la loi de la supériorité numérique. On peut commencer par citer le cas des Ngombɛ-Bombɛɛ qui ont carrément changé de langue (MUMBANZA 1978, p. 244) et celui des Mɔ́ngɔ du village Bokóté (disparu?), près du poste de la mission protestante d'Upoto, et ceux qu'on trouve en amont du port Onatra à Lisala qui parlent actuellement un lomɔ́ngɔ très mâtiné de lipɔ́ɔ́ (HULSTAERT 1993b, p. 319) [16].

[Le] village Mɔ́ngɔ, en aval de Lisala, [...] semble bien, d'après les études administratives déjà anciennes, être totalement assimilé aux Riverains Bapɔ́ɔ́.

BOKONGO (2011, pp. 58-59) rapporte qu'il existe au sud du fleuve, dans le territoire de Bongandanga, des Mɔ́ngɔ enclavés par les Ngombɛ qui ont «changé carrément de groupe à la suite d'une forte acculturation». C'est le cas, par exemple, du village Bompongo, voisin de Bosô Maleba dans le groupement Boswa.

On peut aussi mentionner les Mbenga évoqués plus-haut, qui étaient installés dans les arrières de Mankanza. Leur langue n'a été reprise ni par GUTHRIE (1948, 1970, pp. 11-15) ni par HULSTAERT (1950, 1951), mais elle a bien pu être identifiée par d'autres linguistes: TANGHE (1930, p. 242) la mentionne parmi les autres parlers de cette région dans son article sur la *lingua franca*, tout comme VAN BULCK & HACKETT (1956, p. 70) dans le rapport de leur mission effectuée sur les langues de la ligne frontière bantoue-soudanaise: «the dialect called Mbinga, spoken in villages of Bibomba, Baba, and Bambutu».

Dans les années 1940, les Mbenga avaient été estimés à environ onze cents individus contre deux mille Ibɔ́kɔ́-Mabale (VAN DER KERKEN 1944, p. 198). Le recensement de juillet 1984 organisé par l'Institut national de la Statistique (Tiker Tiker 1992, p. 86) ne fournit aucune indication sur ces Mbenga, comme ils ont été officiellement incorporés dans le groupement Mankanza (MUMBANZA 1974b, p. 136), qui en cette période compte deux mille six cent quatre-vingt-sept habitants.

D'après VAN DER KERKEN (1944, p. 194), ces Mbenga sont venus de Molongo, près de Monia sur la haute Ngiri, région de Budjala. Ils se sont fixés à Mbembe (Mabémbé) avec leur chef Mosendu avant 1800. Ces renseignements coïncident avec les propos recueillis par BONZOI (1997, p. 3) auprès du sage David Epunjola (\pm septante-cinq ans au moment de l'enquête), selon lesquels les Mbenga sont venus des Likoká, qui deviendront curieusement leurs ennemis jurés — vraisemblablement par convoitise pour leurs fétiches de guerre (COQUILHAT 1888, pp. 240-242) [17] ou peut-être par une inimitié très ancienne, car linguistiquement ces Likoká-Ngíli et les Lobálá appartiennent à un groupe non apparenté aux autres tribus de la haute Ngiri qu'on groupe sous le nom de *Bamwé* (VAN BULCK & HACKETT 1956, pp. 73-74; MOTINGEA 1990a, pp. 13-87, 89-105).

Les Mbenga ne sont donc autres que les Mangála du chenal Bonkula-Mabémbé (MUMBANZA 1974b, p. 136). Ce qui est plus important à retenir est que cette petite tribu s'est rapidement émiettée: un groupe est allé s'installer à Loséngɔ, suivant un membre de clan nommé Ekwalanga, et un autre à Nkínga, groupement mɔngɔ sur l'île Nsómá (BONZOI 1997, p. 3). Les Mbenga restés dans la région de Mankanza se sont eux aussi disloqués en deux groupes: l'un (celui auquel se réfèrent VAN BULCK & HACKETT 1956, p. 70) est allé s'établir pour des raisons de pêche le long du fleuve aux villages de Bala, Bibómba, Likélé et Mampete, et l'autre nommé Mbenga-Ngondó est resté sur place.

Comme partout ailleurs, les groupes conquérants favorisés par l'occupant européen les ont presque entièrement absorbés. Le phénomène dans cette agglomération de Nouvelle-Anvers est résumé par MUMBANZA (1974b, p. 136) comme suit:

[...] le poste de l'Etat à Mankanza et la Mission catholique ont englobé plusieurs anciens villages: une partie de Mankanza, Bonsombo, Bokombo, Bondone et Mpombo. A la limite nord de l'agglomération se trouvaient les villages [mbenga] Ikele et Bala qui avaient presque disparu dans les années 1920.

Les Iboko et Mabale qui se sont dispersés dans tous ces villages sont originaires de la Ngiri et ont occupé ce territoire après avoir délogé une partie des Ngombe et les Boloki de la famille Bobeka.

On peut donc comprendre pourquoi la langue actuelle des Mbenga que nous avons étudiée (MOTINGEA & BONZOI 2008) présente plus d'affinités, du point de vue phonétique et lexical, avec celles des Bolóki (MOTINGEA 2002a), des Bapɔɔ (MOTINGEA 2004c) et surtout avec celle des Mabale (TANGHE 1929-30, 1951-55; MOTINGEA 1991, 1996b), que la jeune génération a adoptée (BONZOI 1997, p. 4), plutôt qu'avec ses sœurs de la haute Ngiri, telles que le mónyá (BAMWANYA 1990) ou le lifonga (MOTINGEA 1990a, pp. 32-67), par exemple, avec lesquels elle partage encore quelques traits grammaticaux mentionnés ci-après:

— Attestation des cl. 19/13;

— Thème pour le déterminatif 'tout' -ésu;

- Usage de la conjugaison négative, absente dans la région du Fleuve: *ná-to-éb-a* ‘je ne sais pas’, *bá-to-ling-a* ‘ils ne veulent pas’, *á-to-yá* ‘il n’est pas venu’, *á-i-bót-i* ‘elle n’a pas encore accouché’, *n’í-kò na-beng-á* ‘je ne m’occupe pas’, *bísó n’í-kò to-ké* ‘nous n’allons pas’;
- Conjugaison composée très élaborée avec la copule *-ba*: *nab’obéi* (< na-ba o-bá-i) ‘j’ai été’, *naátob’oobéi* (< na-á-to-ba o-bá-i) ‘je n’ai pas été’, *nab’okwéi* (< na-ba o-kwá-i) ‘je suis tombé’, *ab’obéi ankasúsá* (< a-ba o-bá-i a-n-ka-sús-á) ‘il était en train de m’interroger’, *ndé bá-ko-ba oyéi* ‘ils viendront’.

Un autre cas de changement de langue digne d’être mentionné est celui connu par les Bosangó qui habitent l’extrémité sud-est des Losakani. Ils parlaient une langue totalement différente de celle de ces derniers (HULSTAERT 1978b, p. 370). Ces Losakani ayant détruit leur beau village établi en pleine forêt peu après leur installation au confluent du chenal du lac Tumba (BOLESE 1960, p. 102), les Bosangó ont adopté aujourd’hui les uns la langue des Ekonda, les autres celle des Ntómá (BAKAMBA 2001, p. 186). Leur salutation *bangá bénú?* (HULSTAERT 1978b, p. 370), à traduire par ‘(ceux) qui sont là, (est-ce donc) bien vous?’ — *-ngá* copule bobangi et *bénú* ‘vous’, très proche de *bínú* —, est une indication claire que leur langue originelle appartenait au groupe bobangi. Ils constituaient une section des Mpámá.

Sur une carte dressée par SULZMANN (1983, p. 533) on peut localiser les Bosangó au nord de Bonginda et à l’est de Lókóléla. Sur la liste des catéchuménats créés par les pères de Scheut arrivés de Nouvelle-Anvers pour évangéliser Irebu, on trouve effectivement en 7^e position «Bosango (Mpama), en pisé, 1922», mais il a été en réalité le dernier à être créé, les neuf autres datant de 1910 à 1916 (BOLESE 1960, pp. 109-110). Nous devons cependant encore rappeler que les origines des Mpámá en général n’ont jamais été clarifiées (HULSTAERT 1984a, p. 5):

Cette population se nomme elle-même Mpámá, mais leurs voisins l’appellent Bakutu — nom porté par plusieurs autres tribus dans la Cuvette Centrale du Zaïre. Selon leurs traditions les Mpámá ont quitté les terres des Móngó à l’ouest du fleuve qu’ils ont atteint par vagues successives et traversé soit à Lukolela-Ouest, soit en d’autres points, comme Boyoka ou Bakandayeka [...]

Quoiqu’ils se déclarent d’origine Móngó, leur langue s’écarte notablement des dialectes de cette grande ethnie du Centre Zaïrois [...]

Comme HULSTAERT (1984c, p. 15) a pu encore écrire que les Mpámá sont venus du nord, descendant le fleuve, et qu’ils ont dû laisser une partie des rives aux Bobangi venus après eux, n’est-il pas possible qu’ils aient pris ce nom dans le contexte du commerce d’esclaves par confusion avec les Ngombɛ-Dɔkɔ que les pygmoïdes Bafotó désignent du même nom de Mpámá (HULSTAERT 1978a, p. 114)? On peut penser par ailleurs que ce sont ces Ngombɛ qui ont pourchassé

les Losakani jusqu'à Ilebo et ont donné leur nom au centre voisin de Ngombe, où l'on ne parle pourtant pas lingombe mais bobangi. Une autre question qu'on peut encore se poser est celle de savoir pourquoi les Losakani, pour se venger de leur humiliation, vont s'en prendre aux habitants de Dzofe (pygmoïdes?), les poursuivant jusque dans le bassin de la Lõmela (BOLESE 1960, p. 101).

Quoi qu'il en soit, la langue des Mpámá est très proche de celles des autres riverains du fleuve, notamment des Bolóki (MOTINGEA 2002a), leurs parents du côté paternel — d'après BOLESE (1960, p. 101) —, et de leurs voisins terriens Losakani (HULSTAERT 1993a), mais surtout des riverains de la Likouala et l'Alima, rivière qui se jette dans le Congo en aval de Lukolela et dont un bras porte le nom de Mpámá (VANSINA 1991, p. 292). VAN DER KERKEN (1944, p. 331) a d'ailleurs résumé la tradition des Mpámá-Bakutu et celle des Banunú de la manière suivante:

Les Mpama-Bakutu du Congo Belge sont originaires de la région de Coquilhatville. Ayant descendu le fleuve, ils ont habité d'abord la région de Lukolela en Afrique Equatoriale Française, puis celle de Lukolela au Congo Belge.

Les Banunu, installés au Sud des Mpama-Bakutu, pêcheurs et navigateurs, installés dans les habitations sur pilotis, se rattachent vraisemblablement à d'anciennes populations occupant le pays avant l'arrivée des Mongo.

Les Mpama-Bakutu ont absorbé d'anciennes populations et ont subi des influences de gens d'eau (Bobangi).

La langue des Mpámá présente effectivement un certain nombre de traits qui font penser non seulement aux riverains mais aussi aux groupes môngo de la haute Tshuapa et aux Mbóle qui, après leur immigration du bassin de la Maringa-Lopori, «demeurèrent tout un temps sur les rives et les îles du fleuve Congo, notamment dans la grande île Tsambala, dans la région de Coquilhatville, ainsi que dans les régions au Nord et au Sud du bas Ruki-Busira-Tshuapa» (VAN DER KERKEN 1944, p. 321). Il s'agit des traits suivants:

- Préfixes nominaux en partie vocaliques: *u-níngá/a-níngá* 'compagnon(s)', *u-tá/i-tá* 'arc(s)', *o-kolo/a-kolo* 'jambe(s)', *i-lɔ́/a-lɔ́* 'épine(s)'; mais *mo-to/ba-to* 'homme(s)', *m-óna/b-ána* 'enfant(s)', *mu-nya* 'bouche', *mw-eté/my-eté* 'arbre(s)', *mw-esé* 'jour' — comme en koyó-ngombe (GAZANIA 1972, pp. 39-41, 44), en liinja d'Opala (MOTINGEA 2008b, p. 304) et en lebeo-ngelema (GERARD 1924);
- Séquences *li *lu > di, du: *adĩ* 'il est', *udimi* 'puîné', *dína* 'nom', *odúku* 'multitude' — comme en bongíli (MOTINGEA 2008a, p. 9);
- Substitutifs 2SG *káú*, 1PL *bangá* et 3SG *wá* — comme en zamba-makútú (MOTINGEA 1990a, p. 115) et en bongíli (MOTINGEA 2008a, p. 27);
- Démonstratif proche PP-^xV: *moto yô* (< ó-^xV) 'cet homme', *bâmpéle bâ* 'ces mâles', *ukungú mû* 'cet arbre Piptadenia', *jambí dí* 'cette chose', *esômba yê* 'ce rat de Gambie', etc. — comme en bongíli (MOTINGEA 2008a, p. 23),

- en mbenga (MOTINGEA & BONZOI 2008, p. 46), en fait proto-ngiri (MOTINGEA 1996a, p. 123);
- Copule *-di* présent, *-bíki* passé 1, *-béké* passé 2 — comme en bonglí (MOTINGEA 2008a, p. 31) et dans la majorité des langues de la Ngiri-Ubangi (MOTINGEA 1996a, p. 153);
 - Interrogatif locatif *wa* ‘où?’ — comme dans plusieurs parlers riverains du fleuve et de la Ngiri (MOTINGEA 1996a, p. 125);
 - Remplacement de la voyelle **o* proto-riverain des préfixes nominaux par *u* sans conditionnement mais pas non plus de manière systématique (par hypercorrection ou par nivelage de paradigmes?): *u-kɔɔ* ‘soir’, *u-bútu* ‘étranger’, *u-di* ‘racine’, *u-kungú mú* ‘cet arbre Piptadenia’, *u-kúndu mú-má nyɔli* ‘le dos de l’oiseau’ — comme dans les textes bolóki du rév. WEEKS (1894): *njutu* ‘corps’, *nsusu* ‘poule’, *o likulu* ‘au ciel’, *nkumbi* ‘épervier’, de même que dans la variété tetela du dictionnaire de Mgr Hagendorens (1956): *umútu* ‘femme’, *osúngú* ‘arbre’, *olemu* ‘travail’, *wólú* ‘difficulté’, *lá díku* ‘en haut’, *lukumbu* ‘enclos’, mais *lolango* ‘dilection’, *tóhó* ‘natte’, *diótó* ‘parenté’, ...;
 - Assimilation tonale (partielle) régressive et progressive: *esômba* (< e-sómba) ‘rat de Gambie’, *andéngé* (< a-ndéngé) ‘jeunes gens’, *ôtíké* (< o-tík-é) ‘cesse!’ — comme en lonkundó (HULSTAERT 1961a, p. 153);
 - Parfait à finale *-é*: *na-san-é* ‘je joue’, *to-yéb-é* ‘tu sais’, *ta-dw-é* ‘il frappa’ — comme en bonglí C.15 (MOTINGEA 2008a, p. 34), en olombo C.54 (CARRINGTON 1947, p. 110) ou en lokaló (HULSTAERT 1988, p. 115);
 - Particule intensive *hé*, qui en yasanyama permet de distinguer le parfait récent du parfait éloigné marqué par la particule *líí* (MOTINGEA 2015d);
 - Formatifs d’origine locative *-e-*, *-i-*, *-ka-*, *-ma-*: *bósá ó tu-e-límbísé* ‘tout comme nous pardonnons’, *b-í-silé* ‘ils ont fini’, *to-ká-langwé kala* ‘nous avons quitté depuis’, *ná-má-bútwé* ‘je reviendrai’ — comme en longandó, jǒfě, lokaló, mbesa, pɔtɔ, mbenga, etc. (MOTINGEA 2009, pp. 916-920), mais aussi en zone B (VAN DER VEEN 2003, p. 389);
 - Dérivation verbale erronée avec le causatif *-is-*: *-kɔn-* ‘être malade’, *-kɔn-is-* ‘soigner’.

Le mélange de caractères linguistiques dans des centres tels que Irebu (Ilebó-Mangála) et Ngɔmbe serait simplement explicable par l’esclavagisme interne (VANSINA 1991, pp. 293, 296-297).

Elles [les firmes] ne comprenaient qu’un petit noyau de gens libres [...]. Les firmes dépendaient donc de femmes étrangères et des jeunes esclaves pour se reproduire et, constamment, nécessitaient des recrues fraîches. [...]

Vers le XIX^e siècle et peut-être plus tôt, beaucoup d’esclaves du bassin intérieur avaient été des captifs. [...]

Vers 1880, l’insécurité était si grande dans les terres allant du bas Ubangi à la Loporí, que de nouveaux genres de fortifications élaborées, d’armements et de

tactiques d’embuscade apparurent. Ces phénomènes, ainsi que le gonflement des villes par les immigrants venus d’environnements ruraux ou par les achats d’esclaves, entraînèrent une redistribution du peuplement dans ces régions.

L’impact de cette redistribution du peuplement sur la langue a été mentionné par WHITEHEAD (1899, p. vi) dans la préface à son ouvrage *Grammar and dictionary of the Bobangi language*.

The representatives of the original tribe are fast disappearing, and the few that remain may be counted on the fingers; but their slave descendants, and strangers who have come to dwell in their midst and speak their language, are to be found along the south bank of the Congo from or below the junction of Kasai with the Congo to Irebu, also along the banks of the Mobangi River [...], and on the north bank at Bakutu (opposite Lukolela), and perhaps at Nkonda, a district on the north bank between Bolobo and Lukolela.

2.2. LE SORT DU LONKUNDO

Le lonkundó est la variété du *lómóngó* parlée dans la région du Fleuve et de la Lulonga, c’est-à-dire par les *Móngó* de la jeune migration [18].

En y arrivant, attirés par l’appât du commerce sur les grandes rivières (VAN SINA 1987, p. 32), ces *Móngó* ont subi une forte influence culturelle et linguistique des autochtones si bien que leur langue actuelle devrait être abordée comme du vieux *lómóngó* «abâtardisé», représentant un cas de convergence linguistique. L’apport des éléments riverains est irréfutable (VAN DER KERKEN 1944, p. 315). Le *lómóngó* parlé à Basánkoso montre la même influence des riverains. Il s’agit ici plus précisément des Baénga qui furent les premiers occupants de la région. Les cas les plus extrêmes sont ceux que nous trouvons dans la région des Lacs.

Les dialectes des villages de Bonkoso, parlés par un tout petit groupe habitant aux alentours de la station d’huilerie de Flandria-Botéka et sur lesquels Hulstaert basera sa grammaire du *lómóngó*, doivent avoir été influencés par la langue des Losakani. Le *lómóngó* commun en formation principalement dans la ville artificielle de Mbandaka [19], tel qu’il apparaît dans l’esquisse de DE ROP (1958a) et dans les textes «académiques» [20] sur lesquels se base l’auteur, montre clairement cette contamination.

Voici quelques aspects qui témoignent que le lonkundó-*móngó*, même standardisé, est une «variété pidginisée», c’est-à-dire «une forme qui est une réponse adéquate aux besoins de communication imposés par la situation» (HOUIS 1971, p. 159), par rapport aux variétés de l’extrême nord du domaine (MOTINGEA 1993) auxquelles il reste génétiquement relié (HULSTAERT 1972, pp. 56, 59; BOELAERT 1947, p. 17), et surtout par rapport aux parlers des Bakutu (HULSTAERT 1974a) qui nous paraissent refléter le mieux ce qu’aurait été le proto-*móngó* dans sa grammaire (MOTINGEA 2015a).

— Phonétique:

- Perte de l’harmonie progressive, mais celle-ci a survécu dans les suffixes sauf la désinence *-a* (HULSTAERT 1961a, pp. 35-39), d’autres types d’assimilation vocalique et de la longueur vocalique compensatoire;
- Perte de la règle de Meinhof dont les traces sont encore vivantes dans plusieurs mots: *-manga* < **-bang-* ‘commencer’, *lo-muma* < **lo-mbuma* ‘fruit’, etc.;
- Palatalisation **ndi* > *nji*, **li* > *ji* dans n’importe quelle position, comme chez les Mabale-Mabémbé (MOTINGEA 1996b, 1991), les Libinza (VAN LEYNSEELE 1976-77) et les Boloki (MOTINGEA 2002a) [21], et élisions très accélérées;
- Rephonologisation dans le système consonantique de l’occlusive **b* amuie en intervocalique (DE ROP 1958b, p. 14): *wěi* > *wěbi* ‘connaisseur’, *bowé* > *bobé* ‘mal’, *boiki* > *bobiki* ‘sauveur’, etc. [22];
- Simplification du système tonal dont le prototype aurait sans doute été très proche de celui du lokelé (CARRINGTON 1943), dont les traits s’observent de manière éparse dans divers parlers de l’extrême nord-est et du centre (HULSTAERT 1999, pp. 79-83).

— Grammaire:

- Perte de l’accord adjectival, évolution vers la substantivation (HULSTAERT 1999, p.104).
- Perte de l’infinitif de la classe 15 en citation, raison pour laquelle HULSTAERT (1965, pp. 307, 507; 1999, p. 306) traite son préfixe qui apparaît dans la conjugaison composée comme un «préfixe inerte».
- Perte du connectif archaïque **-ka* qui a survécu dans l’art oral et aussi dans le possessif, mais ici peut-être par analogie à la copule au passé *-ki* qui intervient dans la construction relative [23].
- Préfixe cl. 8x **li-*, reconstruit par WELMERS (1973), ramené à *bi-*; dans certains groupes qui mélangent les deux formes, *li-* ne s’entend que chez les locuteurs très âgés et dans l’art oral même dans quelques groupements qui n’ont plus souvenir de ce **li-* cl. 8x (HULSTAERT 1992a, p. 58) [24].
- Préfixe *ju-* en cl. 11 devant thème commençant par une voyelle antérieure (*i*, *e*, *ε* ou *a*) par analogie à *ji-V* de la cl.5.
- Tendance à la fusion *li-* (cl.5) et *i-* (cl.19) avec un pluriel unique *ba-* cl.6, le genre 13/19 étant absent dans les langues de la région conquise. Un phénomène semblable est observable en losakani où la consonne latérale n’est attestée que devant les voyelles et la cl. 13 uniquement avec les diminutifs (HULSTAERT 1993a, pp. 19, 24).
- Perte de l’impératif pluriel.
- Reduplication partielle du radical au gérondif, phénomène non attesté dans les parlers des Móngo de la première et seconde migration, voire dans ceux de la migration la plus récente, c’est-à-dire les Bongandó (HULSTAERT 1999, p. 303)

Beaucoup de D. [dialectes] périphériques ignorent le redoublement, même avec les bases monosyllabiques. Ainsi les Mbóle, Bakutu, Bosaka, etc. Ils ont donc simplement le préfixe: nasale + base + désinence -a (généralement haut)! (HULSTAERT 1965, p. 303).

Il y a des domaines où l'influence des riverains sur les nouveaux venus est indiscutable. Il s'agit du lexique et de l'art oral.

2.2.1. *Lexique*

Comme en toute langue de grande expansion, le lexique du lonkundó est un amalgame mǒngɔ-ngɔmbɛ-riverain. Il conviendrait évidemment de mentionner aussi, comme partout ailleurs au Congo, l'influence du français (HULSTAERT 1979).

Quant au fond ngɔmbɛ, il pourrait être attribuable à des contacts plus ou moins anciens (HULSTAERT 1974a, p. 46; VANSINA 1991, p. 151). Le mélange de cultures, qui est clairement reflété dans les anthroponymes ngɔmbɛ (MOTINGEA 2014, p. 191), se justifie surtout du fait de la guerre: les Ngɔmbɛ ayant vaincu certains groupements Ntómá-Njoku, nombre de leurs guerriers possédaient, à l'arrivée de l'Européen, jusqu'à vingt ou trente esclaves, hommes ou femmes (VAN DER KERKEN 1944, p. 173). On doit aussi évoquer en corollaire les revers des guerriers ngɔmbɛ face à certains groupements mǒngɔ (VAN DER KERKEN 1944, p. 310):

Les Yamongo furent attaqués [...] par les Ngombe, qui avaient passé le fleuve. Ceux-ci furent défaits, dans le pays occupé actuellement par les Yalifafu, par le chef Mombaya, des Mongo-Bolaka. Le chef ngombe Litola ainsi que de nombreux guerriers ngombe y furent tués [25].

Il convient de préciser qu'il n'y a pas eu ici que des guerres et des prises d'esclaves. KORSE *et al.* (1990, p. 10), par exemple, ont pu écrire par rapport à l'expansion du «mouvement *jébola*», une thérapie traditionnelle pour les femmes possédées, ce qui suit:

Certaines gens rapportent que les Mǒngɔ et les Baénga entretenaient des relations mutuelles comme les Mǒngɔ le faisaient avec les Ngɔmbɛ de Likungú: les Mǒngɔ possédaient de l'argent et les Ngɔmbɛ avaient du poisson; et comme les Mǒngɔ voyaient que les Ngɔmbɛ attrapaient beaucoup de poissons et les vendaient à bon marché, ils se rendaient souvent chez eux pour s'approvisionner. Il en était de même avec les Baénga: ces derniers se rendaient chez les Mǒngɔ pour des achats divers comme des bananes, poules, huile de palme, œufs, etc.

Ce contact a favorisé l'expansion du jebola chez les Mǒngɔ.

2.2.2. Art oral

- Adoption de la mythologie de Nsongó et Libanja [26], et peut-être même aussi du rituel de la salutation solennelle *losáko* ignoré aussi bien par les Móngo les plus septentrionaux qu'orientaux (HULSTAERT 1959, p. 9);
- Adoption de la danse et des chants du *jébola* (KORSE *et al.* 1990, pp. 8, 10):

Le jebola tire son origine du village Moómbé, dans la région des Bangála, sur le Fleuve Zaïre. C'est l'endroit où les Baénga, riverains, habitaient autrefois.

Dans la région de Basánkusu le jebola a commencé à Boyéka il y a environ 70 ans, par une certaine femme appelée «Bolúmbú». [...]

Pendant que les Baénga dansaient le jebola, les Móngo s'y rendaient pour assister. Au début, ils avaient peur. Mais après, ils commencèrent à imiter les danses de ces Baénga, croyant que ce n'était qu'un jeu, alors qu'en réalité c'était une maladie provenant des esprits. Voyant cela, les esprits de leur côté, commencèrent à posséder des Móngo.

Nous avons cru que du point de vue de la langue, l'un des meilleurs spécimens est le parler móngo des riverains Elíngá de Lósélinga, un bourg près de la mission catholique de Bokúma (MOTINGEA 1994a, pp. 293-294):

[...] on peut estimer qu'il s'agit des parlers qui ont constitué la base de la Grammaire du lómóngo de G. Hulstaert (1961-1966), qui dirigea le Séminaire de Bokúma de 1933 à 1934.

Il se révèle cependant de l'analyse que ce parler s'écarte notablement du lonkundó qui est considéré comme un des dialectes móngo principaux sur la base des critères sociolinguistiques du nombre de locuteurs et l'aire géographique d'expansion [...]. Il convient toutefois d'avouer que ces différences ne sont très manifestes qu'au niveau du lexique et du phonétisme. En effet, dans la conjugaison, p. ex., [...] les formes verbales sont quasiment les mêmes que celles du lonkundó. Ce qui serait un argument pour admettre qu'il s'agit d'un cas de mélange assez récent.

En relisant notre esquisse, nous avons constaté que les traces du proto-riverain sont tout de même assez nombreuses dans les catégories grammaticales autres que le verbe et que la langue penche plus vers les dialectes ekonda que vers le lonkundó — comme nous l'avions d'ailleurs signalé dans notre épilogue (MOTINGEA 1994a, p. 338).

— Pronominaux:

- Possessif et connectif inaliénables: *-ná*, à l'origine un thème démonstratif proto-riverain (MOTINGEA 1996a, pp. 122-123); grammaticalisation: *bonya bo-náé* 'sa bouche', *nkás'inándé* 'ses feuilles', *tswándá ton'ísó* 'nos haches', *ntaa ená mǎ* 'la chèvre de maman', *ikonji in'ílombe* 'le pieu de la maison', *bitóo iná mpekwa* 'tissus de raphia';
- Présentatif: rendu par une constellation des démonstratifs (*-kǎ*, *-ná*, *-né*): *to-faká tǎ-kǎ tǎ-nǎ tǎ-né* 'voici les couteaux', *lokásá lo-kǎ-lo-nǎ* 'voici la feuille'; à traduire normalement par 'la feuille en question est celle-ci';

- Relatif, même patron que le possessif et le connectif: *bonto ony'on'ôlí* ‘cet homme-là qui passe’, à côté des formes ne recourant pas à *-ná* mais simplement à l’emploi du ton montant (DE ROP 1958a, p. 30): *bóna ótáka* ‘l’enfant qui va’, *belemo bë ís'ókambaka* ‘les travaux que nous faisons’, *baói báúngá ndé* ‘les choses qu’il ignore’.
- Adjectifs recourant à la construction connective à l’aide du même élément **-ná*: *botámb'óná boló* ‘un arbre dur’, *bón'oná mpɔu* ‘petit enfant’, *ntei in'áímato* ‘jeunes filles’.
- Verbaux:
 - Infinitif *la + ó-* cl. 15 — sur calque de **na + o-* du proto-riverain (MOTINGEA 1996a, p. 154) — à côté de **i-, li/_V* cl. 5 qui est cependant aussi proto-riverain (MOTINGEA 1996a, p. 153): *l'óémba* ‘chanter’, *fálíá l'ò-tú-ola* ‘cesse de nous interroger’, *tsíka l'oy'éngé beléka* ‘cesse de venir inspecter les nasses!’ vs. *fálíá li-ya-úwola* cl. 5 ‘cesse de nous interroger!’;
 - Copule présente **-le* souvent remplacée par **-yala* ‘demeurer’, comme en lokonda et en lontómbá: *m-mb'óyalé ʒkɔ* ‘j’y ai été’, *ó-mb'óyalé nd'ílako?* ‘as-tu été en classe?’;
 - Copule passée **-bá* du proto-riverain (MOTINGEA 1996a, p. 153), clairement attestée au négatif et au relatif objet: *ba-tá-mb'ʒkɔ ndá loánjá* ‘ils n’étaient pas à la cour’, *ě-mbǎ baémbi osíla la óémbá isano* ‘quand les chanteurs eurent fini de danser/chanter le jeu’, *liɔɔ lǐ-mbá málé otúngólé* ‘la civette que mon frère aîné a prise (au piège)’.
- Particules:
 - Locatif: *ná*, d’origine *Dɔkɔ* (TWILINGIYIMANA 1984, p. 77), à côté de *ndá* nkundó moins fréquent: *nd'ótéma* ‘au cœur’, *ndá bofandé* ‘au flanc’, *ndá loánjá* ‘sur la cour’, *nd'ílako* ‘en classe’ vs. *n'ílónɡa* ‘au piège’, *n'étutú* ‘contre le mur’, *ná lokolé* ‘dans le creux’, *ná mbóka* ‘sur le chemin’, *ná mpao* ‘à la chasse’;
 - Conjonction de coordination des propositions *mpé*: *ám'b'óte mpao mpé ám'óyé ...* ‘il est allé à la chasse et il est revenu ...’;
 - Interrogatif *ínɔ*, commun aux parlers de la région des Lacs, est parfois remplacé par *nkó* et *é*: *ekeké élé ínɔ ~ ekeké élé nkó ~ é* ‘quand/quel moment?’

Pour ce qui est de la phonologie, les faits suivants méritent d’être signalés:

- Préfixe cl.5 *li-* devant thème vocalique: *li-ámba* ‘forêt’, *li-áng-o* ‘plan’ *li-osó* ‘avant’, *li-úmbu* ‘nid’, *li-ɔɔ* ‘civette’, mais *i-* devant thème à initiale consonantique: *i-lónɡa* ‘piège’, *i-káká* ‘pied’, *i-fumba* ‘fourmi rouge’, *i-féke* ‘derrière’, etc., le tout rappelant la langue des Losakani (HULSTAERT 1993a, pp. 20-21) et celle des Mpámá (HULSTAERT 1984a, pp. 10-11);

- Coalescence de la suite o-i en *u*, comme *loǝjí* (HULSTAERT 1984b, p. 99) et dans les parlers tswá et ekonda (MOTINGEA 2006, pp. 394-395): *wǔná* ‘jour’, *bonto ŭko* (< o-íko) cl. 1 ‘cet homme’, *londo lǔko* (< lo-íko) cl. 11 ‘ce mâle’, *lǔntei lǔko* (< lo-íko) cl. 11 ‘ce gosse’, *ngá ŭko* (< bo-íko) cl. 3 ‘comme ceci’;
- Absence sporadique — comme l’indiquent les exemples avec le préfixe *li-* — de dévocalisation, phénomène très régulier en lokonda et en lotswá: *ńjólunua* (< ń-o-un-o-a) ‘je m’en vais’.

Du point de vue syntactico-sémantique, on peut observer quelques aspects de pidginisation ci-après:

- Interrogation de temps à l’aide du relatif de la copule *-le* (une périphrase): *ekeké ělé nǝ* ‘le moment qui est quoi/quand?’;
- Négation de ‘avoir’ par un substantif signifiant ‘vanité’: *tole ô mpám̄ba yǝmba* ‘nous sommes seulement vanité quelque chose/nous n’avons rien’;
- Auxiliarisation et sérialisation [27] pour rendre les aspects: *wǔná bǝosílá la ŝkyá* (inceptif) ‘le jour a fini de poindre/le jour a point’, *oleki w-amb’ó-tsúmóláká* (persistif excessif) ‘tu excelles demeurer provoquer/tu provoques trop’;
- Grammaticalisation de l’adverbe *lói* ‘demain’ pour rendre le temps futur: *w-én-ε lói* ‘tu verras’;
- Expression du possessif par une périphrase: *ekótó ěk’ená liǝǝ* ‘la fourrure qui fut celle (de) la civette’, *wǎnkúné òk’onándé* ‘le frère qui fut le sien/son frère’ [28].

2.3. DU LONKUNDO AU LOMONGO COMMUN

Nous avons vu que Hulstaert, comme d’autres missionnaires ailleurs (ALEXANDRE 1966, p. 10), a dû baser sa volumineuse grammaire et ses dictionnaires sur un petit dialecte vraisemblablement déjà pidginisé, parlé aux alentours de son poste d’établissement où les autochtones étaient les Losakani. On ne voit pas scientifiquement en quoi cette région et ses environs (Ingende et Bokatola) doivent être considérés comme centraux au sein du domaine mǝngǝ. Pour soutenir ce choix, HULSTAERT (1961a, p. 6) avance l’argument ci-après:

Ce parler est employé sur une grande échelle dans le centre de Flandria. Il se rapproche par ailleurs singulièrement du lomongo commun en formation [...] Les autres dialectes de la région de Flandria-Ingende-Bokatola ont fourni de nombreuses données pour l’élaboration de cette grammaire [...].

Quoi qu’il en soit, les facteurs extralinguistiques qui ont milité pour faire du lonkundó une langue commune qui s’est substituée même aux dialectes orientaux sont, d’après DE ROP (1960, p. 13), les suivants:

- Une aire géographique très considérable avec un nombre important de locuteurs natifs;

- L’attachement à la ville de Mbandaka-Coquilhatville, le plus grand centre de la région situé à la confluence de plusieurs rivières (contact permanent avec l’intérieur du pays);
- L’utilisation dans l’enseignement et l’instruction religieuse aussi bien par les catholiques que par les protestants;
- La presse aussi bien parlée qu’écrite.

On peut donc admettre que la situation du lonkundó n’est pas très différente de celle du lingála «classique» ou «littéraire» auquel se sont attachés Hulstaert et De Rop: il est tout autant le produit d’une homogénéisation volontaire au nom du principe selon lequel, avant qu’une intervention artificielle ne généralise l’usage d’un dialecte particulier, une langue n’est qu’un conglomérat de dialectes (VINCK 1984, p. 161). Le travail accompli par Hulstaert dans cette perspective a pu être résumé par HENDRIKS (2003, p. 120) de la manière suivante:

Il [le Père Hulstaert] s’est efforcé de créer une langue littéraire, une sorte de Lomongo universel, et de l’introduire dans les régions où le dialecte local, d’une manière ou d’une autre, pouvait être classé parmi le Lomongo-Nkundo et de créer aussi une orthographe de cette langue, scientifiquement justifiée.

2.4. A PROPOS DES NKÓLE

Les avis semblent divergents ou du moins devra-t-on ici tenir compte de la situation de chaque groupe. D’après VAN DER KERKEN (1944, p. 318), l’ethnonyme *Nkóle* signifie «vassaux».

EGGERT (1980, p. 150) a noté que la tradition orale de la région du Ruki attribue une grande importance aux *Nkóle* qui constituent, selon lui, une section des *Móngo*. Aujourd’hui ils sont assimilés aux riverains *Elíngá*, mais ils auraient eu un mode de subsistance semblable à celui des *Nkundó*. HULSTAERT (1972, pp. 44-45) a rapporté que leurs traditions tout comme la langue les rapprochent de leurs congénères de la *Lokoló* [29]. Le parler de ces derniers, tout comme celui des *Emoma-Mpóngó* qui habitent la haute *Loílaka*, se rapproche de ceux des riverains du fleuve et donc aussi de celui des *Ntombá* des lacs (HULSTAERT 1984b, pp. 11, 61). HULSTAERT (1993c, p. 126) a abouti à la même conclusion après l’analyse d’un échantillon de la langue recueilli chez les *Bosaka-Nkóle* de la haute *Tshuapa*.

Nous avons pu, quant à nous (MOTINGEA 2002b), étudier le parler des *Bokála-Nkóle* du territoire de *Yahuma*. Celui-ci semble être un dialecte *mbesa* ou même plutôt un mélange de ce dernier avec le *lotswá*.

Il y aurait donc finalement lieu d’admettre que les populations dites *Nkóle*, de par leur forte distribution géographique (HULSTAERT 1993c, p. 88), comptent parmi les populations les plus anciennes de la région, dont une partie se serait adaptée à la vie de l’eau.

Le témoignage linguistique semble être assez clair: les *Nkóle* auraient constitué avec les *Losakani* [30], les *Ngélé*, les *Mpámá* et les *Bóǒjí*, etc. un même

groupe de terriens qui partageaient la même langue (proche du bobangi) avec leurs voisins riverains. L'inventaire des villages *elēku* établi par HULSTAERT (1982a, pp. 7-10) montre, en effet, qu'ils étaient installés sur toutes les berges des grands affluents. Il n'est pas ainsi surprenant que la plupart de leurs noms de villages soient très communs: *Bēsōngō*, Bokélé, Bosangó, Bonginda, Bokála, Boyéka, Boyéla, *Bōlōmbō*, Mampoko, Mbalá, *Nkólē*, etc.

2.5. DES NGOMBÈ DE BUDZALA-KUNGU ET DE L'IKELEMBÀ-MARINGA

HULSTAERT (1974b, p. 182) a fait remarquer que très peu d'études ont été consacrées aux Ngombè. On doit dire qu'il existe tout de même de bonnes pages sur leur histoire (COLLE 1923, 1924; TANGHE 1939; NOORDMAN 1944; HEIJBOER 1946, 1947; MUMBANZA 1978). Nous avons eu récemment l'opportunité de fournir un compte rendu de cette recherche historique dans le cadre d'une étude sur le nom individuel (MOTINGEA 2014).

Les deux groupes des territoires de Budzala et Kungu, tout comme celui des bassins de l'Ikelemba-Maringa, sont retenus ici à cause des aspects de pidginisation très clairs que montrent leurs dialectes par rapport au «lingombè commun», conséquence d'une situation de contact bien particulière (VANSINA 1991, pp. 149, 151).

Parmi les groupes que les Ngbandi rencontrèrent dans leur expansion, il y avait une population parlant bantou dans le bassin de la Likame et à l'ouest de la Mongala, appelée plus tard Ngombè ou «les hommes de la brousse». Ces gens ne s'enfuirent pas devant les Ngbandi et ne furent pas absorbés par eux. [...] Ils répondirent à la menace ngbandi en renforçant davantage leurs structures villageoises et en augmentant la cohésion du district [...]

Au cours du XVIII^e siècle, ils se répandirent vers le sud et l'ouest et atteignirent les fleuves Ubangi et Zaïre avant 1800. Dans la boucle du Zaïre, ils se firent trafiquants d'esclaves, vendant leurs captifs dans les villes fluviales. Attirés par d'autres conquêtes et raids d'esclaves, certains d'entre eux traversèrent le Zaïre. Ils se répandirent dans les bassins des rivières Lulonga-Lopori-Maringa et Ikelemba, engageant des batailles rangées contre les *Mōngō* de la région, et leur avaient enlevé un territoire substantiel vers la fin des années 1880.

Il faut rappeler en outre que dans ces régions de la Mongala et du fleuve Congo les Ngombè ont entretenu des contacts très harmonieux avec les riverains (DE BOECK 1951, p. 918):

[...] depuis des générations les Bangala-des-grandes-eaux vivent en symbiose avec les Ngombè; plusieurs villages Bangala ont (ou avaient) un village Ngombè derrière eux. Ils disent ne s'être jamais battus, et l'on sait que ce sont les Bangala-des-grandes-eaux qui ont «transporté» les populations Ngombè sur leurs pirogues, lors des migrations!

2.5.1. Le lingɔmbɛ des territoires de Budzala et Kungu

Comme le témoigne MOBEBA (2012, p. 106) dans un article qu'il a consacré aux devinettes des Ngɔmbɛ-Bobo du secteur de Bomboma, le langage de ces derniers s'écarte assez notablement du «lingɔmbɛ commun»:

Tel qu'il [le lingɔmbɛ] est parlé par les Bobo, le dialecte libobo a un fond ngɔmbɛ qui subit l'influence des langues de leurs voisins notamment les Boba ou Bomboma, les Djando-Mwe dont certains termes ont enrichi le parler bobo, un lingɔmbɛ altéré qui se rapproche du lingala.

On peut constater que les devinettes font allusion non seulement aux voisins cités ci-haut, mais aussi aux Ngbandi et aux chasseurs-cueilleurs Bambenga:

<i>Mokótó kolukolu bambenga baéká</i>	R(éponse): <i>kulungu</i>
Le tam-tam (gong) qui résonne <i>kolukolu</i> et les pygmées l'entendent	R: le faisan bleu
<i>Molɔbɔ o kulama atombi litokani</i>	R: <i>yogó</i>
Un des gens d'eau l'a soulevé et il est allé pour toujours	R: la mort
<i>Mwalí o kulama aálúká bwáto mobóndó ó díko</i>	R: <i>monzɔnɔ</i>
Une femme des gens d'eau pagaie le derrière en haut	R: la petite fourmi noire
<i>Mwalí o bongbándí abakí o díko na egwasa</i>	R: <i>mondeé</i>
La femme Ngbandi est montée avec un morceau de feuille sèche	R: la flèche

Parmi les facteurs qui ont contribué à la transformation de ce parler ngɔmbɛ, on peut retenir les suivants:

- Infériorité numérique;
- Influence de la *lingua franca*;
- Clientélisme envers les Ngbandi (VERDCOURT 1943, p. 17; VANSINA 1991, p. 149), mais paradoxalement les Ngbandi ont dit des Ngɔmbɛ qu'ils étaient pareils aux Blancs: *Ngɔmbɛ mindélé* [31];
- Intermariages et cohabitation dans les mêmes villages, d'où bilinguisme.

Le témoignage toponymique est plus clair avec l'existence de groupements administratifs et de villages tels que Dingo-Ngbándí, Bosô Ngbándí, Bosô Lite. Il est donc normal que les Ngɔmbɛ y aient subi l'influence des coutumes et de la langue oubanguienne, et les Ngbandi réciproquement celle des Ngɔmbɛ (HEIJBOER 1947, p. 65). Il existe, en effet, un tas de termes du vocabulaire culturel en lingɔmbɛ dont on ne peut saisir la signification exacte qu'à partir du ngbandi.

MAES (1984, p. 26) mentionne même un cas extrême en territoire Libenge, celui du village Isongo chez les Mbati près d'Ekuta où l'on ne parle plus lingombe, mais plutôt la langue ngbandi. La situation est exactement la même dans la région de Bosô Manji près de Businga et de Yambuku (VANHOUTEGHEM 1947, p. 49). En revanche, certains groupements de leurs voisins Mbudzá présentent une situation opposée: «les *Budzá* du Nord aiment à parler *Ngombe*, même jusqu'aujourd'hui» (DE BOECK 1951, p. 906). NDAYWEL (1998, pp. 184-185) a estimé que les Budzá et d'autres groupes y ont été poussés par l'ethnographie coloniale.

2.5.2. *Le lingombe de l'Ikelemba-Maringa*

La présence des Ngombe dans les bassins de la Maringa et de l'Ikelemba date de la fin de leurs incursions esclavagistes (HULSTAERT 1984c, p. 67). Les Losakani ont conservé dans leurs traditions un mauvais souvenir de la manière dont ces guerriers, qui les ont pourchassés depuis la Lŭwó jusqu'à leur habitat actuel, traitaient leurs ennemis (BOLESE 1960, pp. 100-101, 106).

[...] à cause des luttes continuelles des Ngombe, ils abandonnèrent leurs frères Boloki et vinrent se fixer sur les terres de Balengembale. [...]

Les populations Ntomba, Nkundo et Ekonda ne connurent pas la paix sur les bords de la rivière Luo. En effet, les fameux guerriers Ngombe leur déclarèrent une terrible guerre appelée «*Itokolaiso*» (perce-œil) car ils perçaient sans pitié les yeux de leurs captifs ou captives. [...]

Les Ngombe pourchassèrent les Lusankani jusqu'ici [au lac Tumba] pour capturer hommes et esclaves comme ils sont habitués de le faire. Mais les Lusankani réunis à la forêt marécageuse Bompoma, formèrent trois enceintes bien fortifiées pour arrêter et combattre leur ennemi commun. [...] les Ngombe furent détruits par les Lusankani. Les quelques survivants rentrèrent tristement chez eux aux villages [d'Irebu?].

Il convient de préciser qu'il ne s'agit pas des Ngombe *stricto sensu*, mais des Diángá qu'on classe parmi les Dɔkɔ (HULSTAERT 1984c, p. 67).

[...] à l'ouest, des groupes Dɔkɔ ont attaqué les tribus Mɔngɔ de l'Ikelemba pour occuper une partie de leur territoire. Ces mêmes Dɔkɔ établis de part et d'autre de l'Ikelemba ont lancé des attaques violentes jusqu'au-delà du «Ruki» pour déloger les Beloko et les Bakaala. Mais une ruse de guerre les a empêchés d'établir une tête de pont aux environs de Bokuma.

Ces Dɔkɔ n'ont pas de parenté généalogique évidente avec les Ngombe *stricto sensu*, mais plutôt avec les Dɔkɔ-Yúmba ou Boɓɛndɛ des territoires de Bongandanga, estimés à mille individus (PRICE 1947, p. 1), de Basánkoso et Bolómbá.

Tous ces Dɔkɔ présentent une situation linguistique particulière: ils parlent des dialectes ngombe avec une influence — surtout dans le vocabulaire — de

parlers riverains du fleuve, de la Maringa et de l'Ikelemba. Ils sont eux-mêmes bien conscients d'être un groupe différent des Bokóí, Ngɔmbɛ *stricto sensu*. A partir du dictionnaire de ROOD (1958, pp. 217, 283), on peut, en effet, retenir les précisions suivantes: *li(n)genja*, nom donné par les Dɔ́kɔ au parler des Mowea [...], *mokóí* (pl. *makóí*), nom donné par les Dɔ́kɔ au Ngɔmbɛ qui n'appartient pas à leur tribu.

Les Dɔ́kɔ-Yúmba étaient matrilineaires comme leurs congénères du territoire de Lisala, dont ils ont conservé les noms de clans: Boswa [32], Ndekele, Ngbɛle, Mowáká, Diɔ́ɔ et Bwela, mais vers 1920 ils étaient en train de perdre également cet autre trait culturel (NOORDMAN 1944, p. 113). Ils ont gardé, jusqu'à nos jours, de bonnes traces du matriarcat: la famille du fiancé passe la dot à l'oncle de la fiancée et le nouveau mari s'installe dans le village de sa femme. Représentant WIJNANT (1925a, b) et ROOD (1962), VANSINA (1991, p. 146) résume en note cette question des Dɔ́kɔ dans les termes suivants:

Les Doko traversèrent en direction de la rive gauche avant les Ngombe. Ils étaient matrilineaires, mais adoptèrent la langue ngombe, et vers 1920, «étaient en train de perdre» leur matrilinearité. Mais, pour la matrilinearité de résidence et la compensation matrimoniale jusqu'en 1960.

Notre étude comparative (MOTINGEA 1996a, p. 199) a démontré que les parlers dɔ́kɔ disséminés dans une bonne partie du district de la Mongala sont le produit d'un bilinguisme ngɔmbɛ-motémbó (riverain), comme cela se voit aussi à travers les articles de ROOD (1962) et HULSTAERT (1961b).

Pour ce qui est du calque grammatical et/ou des reliques du riverain en lingɔmbɛ des Dɔ́kɔ de Bongandanga et de Bolomba, quelques indications se trouvent dans notre grammaire (MOTINGEA 1988). Il s'agit notamment des faits suivants:

- Préservation de la nasale palatale: *nyongo* 'dette', *-nyamola* 'tirer en morceaux', *-nyɔmɔ* 'pétrir', *manyeele* 'horreur', *Manyámalá* (nom personnel);
- Connectif et possessif PP-*a*: *mwalí wa démi* 'femme enceinte', *ngando ya bósó* 'notre village', *mokandá m(w)á yé?* 'lettre de quoi/quelle lettre?', *bitabe b(i)á mwána* 'les bananes de l'enfant', mais partiellement chez les Diángá car avec les préfixes vocaliques l'accord est avec le PP seul: *mwalí o démi* 'femme enceinte', *ngonga e ísátó* 'la troisième heure' (p. 34);
- Préfixe verbal 1PL *lo-*, comme chez les Ngɔmbɛ de Kungu et de Budzala – changement à considérer pourtant comme étant diachroniquement authentique: proto-bantou **to-* > *lo-*, comme avec **-tány-* CS.1673 > *-lánga* 'compter', *-tén-* CS.1740 > *-léna* 'trancher', **-tínd-* CS.1758 > *-linda* 'pousser', **-tóm-* CS.1831 > *-lóma* 'envoyer', ...;
- Identité de structure entre l'optatif et le conditionnel: *náyáké* 'que je mange' ou 'si j'avais mangé', *nâjébé* 'que je sache' ou 'si j'avais su' — comme en lingála: *náyéba*, *nálíya* 'que je mange' ou 'si j'avais mangé';

- Particules ignorées ailleurs chez les Ngɔmbɛ:
 - Restrictif *ndó(k)o* (rétention proto-Uélé?);
 - Interrogatifs *âní?* ‘où?’, *bóní?* ‘comment?’;
 - Locatifs *ahá* ‘ici même’, *(h)óno* ‘ici’, *ohó* ‘là’;
 - Déclaratif *eke* emprunté aux Bafotó (*ye < ke*)?
 - Négatif *nyé ~ nɛ*, emprunté aux Mɔ́ngɔ.

Les Ngɔmbɛ de Diángá, à cause du voisinage avec le territoire d’Ingende, ont emprunté aux Mɔ́ngɔ non seulement une grande quantité d’éléments du vocabulaire, mais aussi des morphèmes grammaticaux. Aussi trouve-t-on, par exemple, dans leur parler comme thème démonstratif référenciel *-kɔ́* au lieu de *-miná* (MOTINGEA 1988, p. 37), *moto o-kɔ́* ‘cet homme en question’, *balí bá-kɔ́* ‘ces femmes en question’, *esénja é-kɔ́* ‘cet habit en question’.

2.6. CAS DES BAFOTO – BAT WÁ – BALUMBÉ

La situation sociolinguistique des Batwá et Bafotó n’est pas différente de celle des autres chasseurs-cueilleurs de l’Afrique centrale:

- Usage de leur propre langue strictement limité à la communication interne, et même dans ce cas, il n’est pas évident qu’elle soit leur langue première;
- Usage abondant de la langue des voisins;
- Affaiblissement de la possibilité de continuer à maintenir leur mode de vie traditionnel, et par conséquent de transmettre l’héritage linguistique et culturel aux générations futures;
- Marginalisation par tous les autres groupes, y compris les Européens (VANGROENWEGHE 1988, p. XII; VINCK 1998a,b, pp. 101-102);
- Intermariage souvent unidirectionnel: les grands noirs prenaient facilement femme chez les Batwá (SCHEBESTA 1952, pp. 402-403; HULSTAERT 1982b, p. 72); les femmes Batswá étaient recherchées pour leur fécondité (BOELAERT 1946, p. 61), mais l’inverse a aussi été vrai: selon le P. Schebesta, «les femmes nègres ne dédaignent pas les Bambuti», et chez les Mɔ́ngɔ une femme peut se décider de se «réfugier» chez un Bɔ́swá, pour avoir des enfants (BOELAERT 1946, p. 61).

Une synthèse des aspects linguistiques des parlers pygmées en confrontation systématique avec le lonkundó a été fournie par HULSTAERT (1948), après une note écrite sur le même modèle comparatif par PICAUVET (1947). Cette démarche a tout de même amené à des constatations très édifiantes (HULSTAERT 1948, pp. 21, 24):

Il est possible [...] que les Pygmoïdes ont eu autrefois un langage propre, différent de celui de leurs maîtres présents. Nos connaissances actuelles ne nous fournissent aucun fait, capable de consolider cette hypothèse.

Les Pygmoïdes parlent un dialecte qui appartient au groupe des idiomes Móngɔ. Il est très possible que les dialectes de leurs maîtres ont emprunté des mots à l'hypothétique langue Batswá, mais le contraire est tout aussi admissible, voire même plus probable. [...]

Pour qui se place sur le point de vue juste, celui de l'indigène et de la linguistique bantoue, il ne fait pas de doute que le lotswá est un idiome fortement apparenté aux autres dialectes móngɔ. Il a cependant des particularités qui peuvent suggérer l'idée d'influences d'autres langues (voisins ou maîtres antérieurs) ou des restes d'une langue plus ancienne.

Dans cette première étude, HULSTAERT (1948, p. 21) n'a pas tenu compte des Bilángi ou des autres groupes pygmoïdes plus éloignés. Dans l'esquisse du parler des Bafotó (1978a, p. 115), il reconnaît que les données montrent des rapports avec des langues parlées plus à l'est et se pose la question pertinente de savoir s'il n'y aurait pas dans leur langue des traces de tel ou tel parler utilisé par des pygmées ou pygmoïdes vivant ailleurs en Afrique ou d'une hypothétique langue pygmée authentique.

HULSTAERT (1948, p. 115) va cependant soutenir que, quels que soient les résultats des recherches dans ce sens, il ne voyait pas de liens linguistiques particuliers entre Bafotó et pygmoïdes méridionaux Batswá. Nous ne voyons pas sur quoi il fonde ce jugement — sans doute son penchant pour les Móngɔ ou même plus probablement une sorte de snobisme envers les modèles scientifiques anglo-saxons perceptible aujourd'hui auprès de toute la jeune génération de linguistes — car la documentation disponible (CARRINGTON 1947, 1959, 1972a,b, 1977; THOMAS & BAHUCHET 1991; MOTINGEA 2012; STOOP 1984, 1989a,b) révèle que les populations antérieures avec lesquelles tous les Batswá — Bafotó, Booné des lacs Tumba et Inɔngɔ (MOTINGEA 1994b, 2010, pp. 203-222), Bilángi du territoire d'Ingende et leurs homonymes d'Inɔngɔ (MOTINGEA 1993), Lokaló et Jɔfɛ de la haute Tshuapa (HULSTAERT 1986b, 1988) [33] — ont été en contact sont des locuteurs des langues des groupes C.41 Ngɔmbɛ originaires du confluent du Mbomu et de l'Uélé (VAN DER KERKEN 1944, pp. 147-151; MUMBANZA 1978, p. 243) et C.50 Tofoké-Soa-Ngelema, que les ethnographes ont décrits comme des populations ayant également vécu antérieurement dans les Uélé sur les principaux sites suivants: Rungu-Niangara-Watsa et Zobia-Buta-Panga (WALLE 1990, p. 32).

Il peut d'ailleurs être rappelé que les terres où se sont installés les Bongandó à la fin de leur migration n'avaient comme occupants que les pygmées Baaka ou Bafotó (MOELLER 1936, p. 196) et que certains groupes des pygmées Batswá sont entrés dans les généalogies des grands noirs Mobango et Molielie (MOELLER 1936, p. 216).

Aussi avons-nous émis le vœu d'un approfondissement de l'étude du parler des Bafotó-Wawa des secteurs de Bosô-Símbá et Bosô-Njanoa (MOTINGEA 1994b, p. 343), puisqu'ils n'ont pas été asservis, ni par les Móngɔ ni par les Ngɔmbɛ, leurs relations socio-économiques avec ces derniers étant restées celles

d'un simple clientélisme [34], ou de ce qu'on a pu appeler «le troc muet» (HULSTAERT 1978a, p. 114):

Ils se contentaient de venir furtivement dans les plantations couper un régime et d'accrocher en échange un morceau correspondant de viande de chasse. Tout ce que l'informateur me racontait me rappelait très fort ce que j'avais lu dans l'ouvrage consacré par le P. TRILLES aux Pygmées du Gabon (1932). Contrairement aux Pygmoïdes vivant plus au sud en symbiose avec d'autres tribus Môngɔ, les Bafotó étaient totalement indépendants.

Ces Bafotó s'appellent eux-mêmes Batóá, où l'on retrouve le nom que se donnaient ancestralement aussi les Pygmoïdes plus méridionaux vivant avec les Nkundó, Ekonda, Ntómá, etc. et que les Baotó ont transformé en Batswá ou Batwá.

Quant aux pygmées Bambenga de la Lua estimés entre cinq cents et six cents âmes (HULSTAERT 1975, p. 741), il est fort possible que leur parler soit le même que celui des Aka de la Lobaye étudié par THOMAS & BAHUCHET (1991). En effet, une fois en brouille avec les Ngombɛ, ils se décident généralement à «retourner chez eux», c'est-à-dire à retraverser l'Ubangi; or il est connu historiquement qu'avant d'atteindre les marais de la Sangha ils ont habité cette même rive gauche de l'Ubangi (MAES 1984, pp. 21-22).

Voici quelques caractéristiques linguistiques communes à tous ces chasseurs-cueilleurs:

- Règle de Kwanyama: *mb *nd *ŋg > b d g (plus allongement de la voyelle);
- *N-C[-sr] > C + éjection: p' t' k';
- Consonnes simples *ɲ > n, *b > v, *g > ɣ > ɠ > h > Ø, *k > ʔ > x > h > Ø, *s > ʃ, *f > p (sauf chez les Bafotó);
- Désyllabification et contraction vocalique quasi inexistantes: *mbóá* 'chien', *boáli* 'épouse', *buéla* 'queue', *mbóliáké* 'j'ai tué (aujourd'hui)', *kaíka* 'seulement';
- Coalescence de la suite °o-i en u;
- Rétraction tonale (HULSTAERT 1978a, p. 117): *faâ mǝ* < *fa-á mǝ* 'donne-moi' — comme chez les Mbóle (HULSTAERT 1970, p. 15; MOTINGEA 2007, p. 371);
- Système de classes et d'accords très irrégulier, avec l'accord verbal ramené à l'opposition animé vs. non-animé — comme en lingála: *k'éma a-bó-i bavéhu* 'le singe n'aime pas le bruit', *k'â-vo-led'-a* 'je le regarde', *bá-hɔ-én-a, bá-há-pub'-é lovág'o* 'ils ont vu, ils veulent s'enfuir rapidement' (SULZMANN 1980, p. 474);
- Préfixe 1SG *i-*, *le- /V* — comme dans les langues de l'Aruwimi et du Lomamé (DE ROP 1971, p. 56; CARRINGTON 1947, p. 109; MOTINGEA 2012, pp. 60, 117, 173, 217);
- Marques verbales *-ka-* et *-ko-*, qui sont en réalité des auxiliaires: *k'á+o-vo-ka-á* 'je lui donne', *lokóla é-ká+va-tɔ mbá* 'comme on pile les fruits de palme', *ny-út'ɔ-k'ɔ-kt-á mbá* 'je reviens de la cueillette des fruits de palme' (SULZMANN 1980, pp. 474-475);

- Distinction possessif aliénable et possessif inaliénable où le lien entre possédé et possesseur est établi uniquement par la ligature *á*: *epúlu á bohuni á nama* ‘ein Stück Fleisch/un morceau de viande’ (SULZMANN 1980, p. 474);
- Parfait à l’aide de l’auxiliaire **-ca* CS.239 ‘do’, comme *loǒjí* (HULSTAERT 1984b, pp. 101, 125-126) et en *kesákátá* (MONSE 1987, p. 100);
- Usage abondant dans la narration des onomatopées et des idéophones, dont la plupart sont formés à partir des verbes: *-popa póo-póo* ‘frapper plusieurs fois’, *-véka vékivékivéki* ‘briser partout’, *-keuma keukeu keukeu* ‘emporter lourdement une charge’, *-tsetsa tseitseitei* ‘couper en tout petits morceaux’ (SULZMANN 1980, pp. 473-474; MOTINGEA 2010, pp. 233, 236, 237), et des prédicatifs, c’est-à-dire des phrases verbo-nominales: *em’ndé okâ-vo-vék-á* ‘c’est moi qui le brise’, *emí ndú ókóleké* ‘bin ich es der hingeht/je le devance’ (SULZMANN 1980, p. 473);
- Expression de l’accompli par un suffixe, *(-l)i ~ (-n)i*: *k’ém’ekó ókwá-i* ‘le singe qui est tombé’;
- Locatif *lé ~ ndé*.

Nous sommes évidemment là à un stade où l’on ne pourrait prétendre répondre à la question d’une langue pygmée authentique, mais au moins à celui d’un retour à la case départ, c’est-à-dire à une remise sur la table des discussions de l’hypothèse hardie de SCHEBESTA (1952, pp. 375-376) selon laquelle les langues de l’Ituri, notamment celles des Bambuti et des Bambutoïdes, auraient constitué la couche fondamentale dont sont issues, d’un côté, les langues bantoues, et de l’autre, les langues soudanaises. VAN BULCK (1948, pp. 157-164), tout en s’abstenant d’entrer dans la discussion, a bien semblé être du même avis que Schebesta.

Le P. Schebesta a dû tout de même préciser son hypothèse, après comparaison de divers parlers de l’Ituri:

[...] j’ai trouvé un élément linguistique insolite [...] dont le caractère particulier ne peut se justifier, ni par les langues soudanaises, ni par le bantou. Ceci dénote dans ces langues *la présence d’un substrat que je crois pouvoir tenir pour pygméen*, puisque le sua-kango et l’efé, bien qu’appartenant à deux groupes de langues morphologiquement différents, ne l’ont pas moins en commun que la phonétique pygméenne dont il a déjà été question. [...]

Bien que le BS [bira-sua] soit un phénomène de contamination, ce n’est pas simplement une langue mixte, dans le sens où l’est, par exemple, le semi-bantou [nyali-komo?]; ce n’est pas non plus un bantou primitif, comme je l’avais admis naguère. Quoiqu’il touche aux langues soudanaises, du moins par sa lisière Nord-Est, ce n’est pas le produit d’une contamination entre bantou et soudanais, bien qu’il s’y trouve aussi des éléments soudanais. [...]

La symbiose prolongée des Bambuti ituriens et des tribus nègres d’origine diverse qui avaient pénétré dans leur territoire a eu pour conséquences: [...]

b) la naissance de deux rameaux linguistiques, le balese-efé, soudanais, et le babira-sua, bantou, reliés génétiquement par le substrat pygméen sur lequel ils se sont édifiés [...] (SCHEBESTA 1952, pp. 376, 379, 405).

Considérant que la vraie question ne réside pas dans le fait que les pygmées ne sont pas compris par leurs voisins noirs, JACQUOT (1959, p. 38) a estimé — comme HULSTAERT (1978a, p. 115) ci-dessus — qu'elle consisterait plutôt à chercher s'il n'est pas possible de retrouver ailleurs leur langue ou du moins des éléments de celle-ci. BAHUCHET & THOMAS (1986, p. 76) ont sans doute eu raison de se résoudre à suspendre toute recherche dans ce sens tant que tous les groupes de chasseurs-cueilleurs n'auront pas bénéficié d'études scientifiques sérieuses.

A lire la conclusion du compte rendu de l'ouvrage *Continuity and Divergence in the Bantu Languages* (BASTIN *et al.* 1999) par SCHADEBERG (2005, p. 115) et sa contribution (SCHADEBERG 2003, pp. 155-157) dans *The Bantu Languages* (NURSE & PHILIPPSON 2003), on pourrait dire que cette suspension de la recherche devrait avant tout concerner les études historiques sur le bantou tant que les langues qui constituent ses branches primaires (VANSINA 1995, p. 185), à savoir *Lebonya* (= lengola, bodo, nyali) et *Boan* (= bwa, bira, kumu), restent très insuffisamment étudiées (KUTSCH LOJENGA 2003, p. 473).

A propos des vestiges éventuels d'une langue pygmée, HULSTAERT (1946, p. 74) — tout en reconnaissant que le dialecte des Bafotó de la Lulonga n'est pas m'óngo, bien qu'influencé par cette langue ainsi que par celle des Ngombe —, a dû avouer que dans l'état actuel de nos connaissances des langues bantoues du nord il est impossible de formuler un jugement.

En attendant, d'autres aspects culturels pourraient certainement ouvrir quelques pistes de recherche:

- L'onomastique: les noms des groupes pygmées de l'Ituri, de l'Ouest-Africain et des Grands Lacs, notamment *Bayaga = Aká, Mbo = Mbu, Basoa = Basua, Iseki = Iyeki = Yeki, Boni = Bone*, par exemple, sont les mêmes que ceux que s'appliquent dans le bassin central congolais certains groupes de chasseurs-cueilleurs (VAN BULCK 1948, pp. 159-153) ou supposés tels [35];
- L'ethnobotanique et ethnozoologie comparées (LOOTENS 1980);
- Le folklore.

3. Le complexe Tshuapa-Lovílaka et la L'ómela

C'est dans cette vaste région que l'on place les locuteurs m'óngo de la première et/ou seconde invasion. HULSTAERT (1974a, p. 45), dans les conclusions à ses notes sur les dialectes des Bakutu, s'est justement demandé si les affinités qu'attestent les langues de ces tribus méridionales et centrales ne constituent pas un fond commun très ancien où elles auraient toutes puisé. Il a même estimé que les éléments communs avec les pygmoïdes Batswá pourraient pointer dans cette direction.

Les Mǎngǎ ont assujetti et acculturé, dans le bassin de la Tshuapa, des populations possédant des cultures particulières, et parlant des langues particulières. Les cultures et les dialectes des Ntomba et des Bakutu conservent sans doute aujourd'hui encore des vestiges des cultures et dialectes de ces populations anciennes (VAN DER KERKEN 1944, pp. 1032-1033).

Lokaló-Ngǎmbɛ et Jǎǎé sont les descendants de ces populations anciennes. Leur territoire s'étendait des hautes Lovílaka, Salonga et Lǎǎɛla à la Tshuapa (HULSTAERT 1982b, p. 44).

Les causes du déclin des langues des chasseurs-cueilleurs de la Tshuapa sont les suivantes :

- Dispersion démographique et nomadisme;
- Asservissement;
- Minorisation à la suite d'une immigration étrangère massive;
- Structure familiale et socio-économique fragmentaire;
- Exogamie.

Ainsi s'explique une attitude négative vis-à-vis de leur propre langue et culture allant jusqu'au refus de croire en l'histoire ancienne et à la négation de posséder une langue qui leur soit propre, différente de celles des villageois.

4. Le Sankuru et la Lǎkenyé

C'est le pays des Atɛtɛla-Akusu. Ces Mǎngǎ de l'extrême sud-est ont subi des influences étrangères qui les ont différenciés sensiblement des autres groupements mǎngǎ (VAN DER KERKEN 1944, pp. 64, 104). Par contre, le fait que le dialecte des Mǎnjá ait été choisi par les deux missions catholique et protestante pour l'œuvre scolaire et l'évangélisation a beaucoup joué sur l'unification linguistique. Tous les dialectes nkutsu de la Lǎǎɛla évoluent sous l'emprise de l'ɛtɛtɛla [36]. A la base de cette expansion se trouve certainement aussi le rôle historique, politico-administratif et socio-économique joué par certains centres, tels que Lusambo avec son grand port sur le Sankuru.

Quoi qu'il en soit, pour HULSTAERT (1972, p. 60; 1999, p. 19), en dépit d'une origine mǎngǎ incontestable des Atɛtɛla-Akusu, l'ɛtɛtɛla n'est plus à considérer comme un dialecte mǎngǎ, malgré les témoignages des linguistes spécialistes de l'ɛtɛtɛla (HAGENDORENS 1956, p. VII; JACOBS 1959, p. 9; LABAERE 1994, p. 92). Il s'agirait donc d'un bel exemple de métatypie. VAN DER KERKEN (1944, pp. 64, 104) a pu, en effet, écrire au sujet des Atɛtɛla ce qui suit :

Les *Bakusu* ont subi à l'Est *des influences étrangères* (baluba, basonge, mituku, warega, bakumu, walengola, wazimba), qui les ont quelque peu différenciés des autres groupements du Grand Groupe Ethnique Mongo. [...] Baluba, Basonge,

Wazimba, Warega, Mituku, Arabes et Arabisés ont exercé leurs influences sur le type physique, les croyances, les conceptions, les sentiments, les institutions, la langue, les industries des Bahamba-Batetela-Bakusu.

Ces assertions d'ordre ethnographique peuvent être considérées comme une exagération de l'histoire des contacts dans le bassin du Lualaba. Elles ouvrent cependant des pistes de recherche intéressantes et ne présentent, quant à nous, une certaine faiblesse qu'en ce qu'on n'y prend pas en compte le groupe avoisinant très important constitué par les Mbólé qui habitent dans le bassin de la Lomamé et auxquels se sont assimilés complètement les riverains Balíngá d'Opala (VAN BULCK 1948, p. 500) [37].

Voici ce que VANSINA (1991, p. 232) a pu écrire au sujet des relations commerciales anciennes dans cette région:

A partir du XIX^e siècle, un réseau commercial de vaste étendue existait dans le Maniema du sud depuis les grands lacs jusqu'au Lualaba et au Lomami, le long de la Lualaba et à l'ouest de cette rivière, depuis les savanes au sud de Kisangani au nord. Le Lualaba était l'artère principale de toute la région. Les pêcheurs étaient les transporteurs du commerce et, bien que d'origines très hétérogènes, ils avaient adopté une langue commune et répondaient au nom ethnique commun de Enya ou Genya.

Les particularités linguistiques que montrent les dialectes tetela vis-à-vis d'autres parlers mǒngǒ-nkutsu ne trouveraient leur explication que dans ce contexte historique. Il est en effet intéressant de constater que certains de ces traits particuliers de l'ǒtetela doivent être recherchés non seulement dans les langues adjacentes — le mbólé d'Opala (DE ROP 1971), le lombóle-linga de Katákó-Kombé (JACOBS 2000) et le kisongye ou le ciluba de la zone L —, mais aussi dans des langues plus ou moins éloignées, telles que le luganda (KATAMBA & HYMAN 1991), et peut-être encore dans les dialectes swahili de la Tanzanie, tels que celui d'Usambala que devaient vraisemblablement parler certains alliés de Ngǒngǒ Luteta.

— Phonétique et phonologie:

- Existence des consonnes géminées même dans les racines là où il y avait un **b* ou **k* précédés d'une voyelle de premier degré: *yi-vv-í* < **pi-ib-í* 'petit vol', *to-ddú* < **to-budú* 'cabanes', *á-ká-tt-é* < **á-ká-but-é*, 'il a dit', *vvólókó* < **i-bólókó* 'antilope naine', **ba-kúta* > *watta* 'graisse' — mais retenir ce trait comme fait de contact peut être discutable parce qu'il est aussi attesté en plein cœur du domaine mǒngǒ (HULSTAERT 1993b), c'est-à-dire en dehors des dialectes nkutsu du Sankuru-Lǒkenye, telles que le lǒndǒngǒ (HULSTAERT & GOMAERE 1984) et l'ohendó (BONGO 1968) au niveau de la consonne initiale des thèmes, monosyllabiques surtout, en cl. 5 et 8 (**di-*): **ditá* > *ttá* 'guerre', **dilǒ* > *ddǒ* 'sommeil';

- Absence d’allongement de la nasale après application de la règle de Meinhof: *nangá* < *n-lang-á* ‘vouloir’, *níngá* < *n-líng-á* ‘entourer’, *nángá* < *n-n-áng-á* < *n-jáng-á* ‘chercher’, *ηῶμῶ* < *n-ηῶμῶ* ‘tambour’ — comme en lumasaba E-J.31 (KATAMBA & HYMAN 1991, p. 204);
- Voyelle *o > u/_N en finale de mot, principalement: *ínu* ‘dent’, *átánú* ‘cinq’, *jýnú* ‘vous’, *lolemu* ‘travail’, *osungu* ‘homme blanc’, *lobengu* ‘marché’;
- Assibilation des occlusives: **njɔku* > *njɔvu* ‘éléphant’, **mbulú* > *mvudú* ‘maison’, **mbúla* > *mvúlá* ‘pluie’, **di-boe* > *divve* ‘pierre’, **mbóá* > *m-fúá* > *fɔ* ‘chien’, **mbudú* > *m-fudú* > *fudú* ‘oiseau’, **ke-kúdu* > *e-vúdú* ‘tortue’, **á-ka-bwá-i* > *á-ka-vú-i* > *ákavwée* ‘il vient de mourir’;
- Proto-móngɔ *ɸ > h/V_V, p/_N ou i- (cl. 19): **ke-ɸele* > *ehele*, *di-helel* *pele* ‘mur(s), claie(s)’, *m-hemb-ól-á* > *pembólá* ‘couper’;
- NC[-sr] > C: *°m-petá* > *petá* ‘s’allumer’, *°n-kat-é* > *katé* ‘cuisiner’, *°n-sombo* > *sombo* ‘porc’, *°n-fí* > *fí* ‘jours’, *°n-cɔ* > *cɔ* ‘aller’ — comme en lombóle du Kasai (JACOBS 2000, pp. 74-76) et en mbólé (DE ROP 1971, pp. 49-50);
- Réduction du type des préfixes *bV à V, encore un calque mbólé (DE ROP 1971, pp. 49-50), avec extension par analogie au glossonyme *ɔtetela* qui devrait être de la cl. 11: **lɔtetela*, comme ailleurs *losambálá*, *lɔndengesé*, etc.;
- Epenthèse de la nasale aux consonnes occlusives — surtout en losambálá et en yeŋgé: **te* > *nte* ‘que’, *omponga* ‘riz’, **íbɔ* > *mvɔ* ‘eux’, *mbá-lé*, ‘ils mangent’, *ndi-kambo* ‘affaire’, *fundú* ‘oiseau’, *ndimbóto* ‘parenté’, *ndimbonga* ‘ville’, *mpampá* ‘papa’, *lémándí* (< **le-ém-al-í*) ‘je suis debout’; ce phénomène est également régulier en luganda surtout avec les emprunts (KATAMBA & HYMAN 1991, pp. 193, 204) et il peut s’observer en mituku avec la préfinale *-ang-*, par exemple (STAPPERS 1973, p. 43), ou dans quelques radicaux en lombóle de Katako: **-kú-* > *ɔ-ngwá* ‘mourir’, **-kíédi-* ‘passer la nuit’, *ɔ-nyá* ‘faire jour’ (JACOBS 2000, p. 82);
- Allongement vocalique prédictible en position finale de mot, devant les complexes NC et après la séquence CS, phénomène encore connu en luganda (KATAMBA & HYMAN 1991, p. 176), qui fait qu’à l’ouest on dit que les Atetela parlent comme les Lokelé et les Wagenya, mais il pourrait bien s’agir d’un aspect ayant trait à la métrique et qui attend encore d’être étudié (MOTINGEA 2012, p. 243);
- Prothèse de la voyelle *a-*, *ɔ-* ou *ɛ-* aux emprunts français commençant par *r*: *a-ladiyɔ* ‘radio’, *a-lapɔlɔ* ‘rapport’, *ɔlɔpɔ* ‘robe’, *ɔ-lɔsa* ‘rose’, *elepó* ‘repos’, *elesɔ* ‘raison’, ce qui fait penser au ciluba;
- Répétition tonale *HB > HH: **di-béle* > *di-wélé* ‘sein’, **di-táma* > *támá* ‘joue’, **ke-kúdu* > *e-vúdú* ‘tortue’, **mpáme* > *pámí* ‘mâle’, **mbúla* > *mvúlá* ‘pluie’, **mbódi* > *mbódí* ‘chèvre’ — comme en shambáa G.23 dans

lequel il n'existe plus de schème HB dans les thèmes nominaux, sauf quelques cas récents créés par transphonologisation (PHILIPPSON s. d., p. 6).

Il n'existe pas de paires de substantifs dont le sens est différencié par l'opposition haut-bas ou haut-haut. Cette règle d'assimilation tonale progressive ne permet plus de reconnaître les nominaux à tonalité haut-bas du proto-bantu ou Móngɔ. [...]

Dans les mots d'emprunt des langues européennes l'accent dynamique est remplacé par un ton haut (LABAERE 1994, p. 92).

— Morphosyntaxe:

- Remplacement des préfixes de la 2^e pers. du pluriel **lo-* et **ko-* par le substitutif: *jíjú ñ-ám̄b'ɔ́hɔ́ngɔ́la* 'vous crachez', *l-áka-ñ-één-í* 'je vous ai vus';
 - Temps présent parfois rendu par l'infinitif: *kɔ́kɔ́ mbééká* 'le coq chante', *fɔ́ pángɔ́* 'le chien aboie';
 - Emergence du préfixe de la cl. 12, une influence des langues de la zone L ou D: *ka-cungá/to-cungá* 'gardien(s)', *ka-cɛcɛlɔ-cɛcɛ* 'oiseau sp.';
 - Introduction du préfixe *ki-* cl. 7 à côté de (*k*)*e-*, comme en lingála de Kinshasa: *e-kamb-ɔ́* 'champ', *e-nondó* 'aîné', *ki-lombo* 'palabre', *ki-bɔ́té* 'banane', *ki-ákó* 'cri';
 - Ordre D + N facultatif dans le syntagme démonstratif: *ɔ́tɔ́ wá njɔ́vu ~ njɔ́vu ɔ́tɔ́* 'un (unique) éléphant', *kɛné pɛnju* 'ce matin', *ɔ́né ocó* 'cette nuit', mais aussi *kibɔ́té kɛné* 'cette banane', *lɔ́fiyé Lɔ́né* 'cette feuille';
 - Négation autonome *búú* 'non' < **-bwá* 'mourir'.
- Vocabulaire socioculturel: *tóhó* 'natte', *lɛ́hɔ́* 'sel', *mɔ́yɔ́* 'bonjour', *bibi* 'fille', *funjí* 'chasseur', *kibɔ́té* 'banane', *ahɔ́ndɔ́* 'habits', *ahɔ́hɔ́* 'maïs', etc.

5. Les lacs équatoriaux et le bas-Kasaï

HULSTAERT (1972, p. 40) a attiré l'attention sur l'erreur commise par VAN DER KERKEN (1944, pp. 458-459) lorsque celui-ci a regroupé toutes les tribus du sud-ouest sous l'étiquette d'*Ekonda*. La région des lacs équatoriaux est sans doute l'une de celles où se sont confrontés des courants de migration venus du nord, de l'est et de l'ouest, et peut-être aussi du sud. On peut donc y observer avec plus ou moins de netteté les phénomènes de convergence et métatypie.

5.1. NTOMBA, BOLIA ET EKONDA

Les Móngɔ de la première vague d'immigration seraient, du moins en direction de l'ouest, les Ntombá et les Bolia, originaires d'une région forestière appelée Mondombe, située à l'équateur, et qui porte également le nom de région de Baséká-Lɔngɔmɔ ou Bakutu (PHILIPPE 1954b, p. 51). Ntombá et Bolia furent rejoints au pays des lacs par les Iyémbé (DE SCHAETZEN 1950, pp. 64, 66). Leurs

langues se sont tellement distancées des parlers mǒngɔ que leur classification est devenue problématique: BASTIN (1978, pp. 140-141), dans sa révision de la classification référentielle de GUTHRIE (1948, 1970), a été amenée à classer la langue des Ntómá de Bikoro à la fois dans le groupe C.30 Bangi-Ntómá et dans le groupe C.60 Mǒngɔ-Nkundó. La langue des Ekonda, qui n'ont jamais accepté eux-mêmes d'être des Mǒngɔ, a été, elle aussi, rangée dans ce groupe C.60.

MAMET (1955, p. 5) avait imaginé pour le lontómá un scénario selon lequel ses locuteurs ayant été placés à l'avant-garde de l'ethnie mǒngɔ lors des migrations, ont imposé à un vocabulaire en majeure partie bobangi une grammaire mǒngɔ. Les faits linguistiques observés indiquent bien le contraire: la langue des Ntómá a une grammaire qui a presque tout du bobangi. Les vieux Ntómá'é njálé déclaraient bien que la langue de leurs ancêtres était étroitement apparentée à celle des Bobangi (PHILIPPE 1954a, p. 89) [38].

Quant aux Ekonda proprement dits, on doit dire qu'ils sont inclassables tant du point de vue des généalogies que de la langue.

Pour ce qui concerne leur histoire, EGGERT (1980, p. 151) a admis carrément qu'on ignore encore leur origine exacte. VAN DER KERKEN (1944, p. 329) les avait décrits comme un ensemble de tribus qui se sont séparées de la masse des Baseka Mputela, comprenant Ekota et Ekonda, installés jadis dans une région approximativement située au nord de Boende. Les Ekonda partirent alors vers le sud-ouest, accompagnés de leurs très nombreux Batswá assujettis vraisemblablement depuis longtemps. HULSTAERT (1972, p. 56), dans sa lecture critique de Van der Kerken, a douté de l'originalité de cette tradition:

Les Ekota sont donnés dans les enquêtes officielles comme frères aînés des Ekonda, mais ceux-ci ignorent ce fait, qui ne semble guère probable dans les traditions des autochtones, d'autant moins qu'il n'y a comme preuve que la similitude du nom de l'ancêtre.

En effet, les traditions récoltées par ROMBAUTS (1945, 1946), BOELAERT (1947) et VAN EVERBROECK (1974) ont pu être résumées par SULZMANN (1985, pp. 3-4) de la manière suivante:

Les ancêtres des Ekonda habitaient la région de la Mongala au nord du Zaïre [...] Chassés par les Ngombe, ils se sont installés d'abord sur l'Ikelemba, et ensuite dans l'actuelle Zone d'Ingende. Lors de l'immigration des Nkundó, ils refoulèrent peu à peu les Ekonda qui allèrent occuper des régions en zones de Bikoro et de Kiri, dont ils refoulèrent des Bolia et des Iyémbé qui y étaient établis depuis longtemps.

Les faits importants à retenir pour notre propos au sujet des Ekonda sont les suivants:

— Leur immigration avec un nombre très important de pygmées à qui ils ont emprunté des éléments culturels tels que l'art chorégraphique *Bobongo* et la musique polyphonique;

- L'appropriation probable de l'ethnonyme *Ekonda* [39] qui renvoie à la racine *-*gonda* reconstruit en bantou commun avec le sens de 'jardin', mais avec celui de 'forêt' au nord-ouest et au centre-ouest; précédé ici du locatif de la cl. 24 **ye-* qui sert à déterminer les noms de clans de niveau supérieur chez les Aka (TSURU 1998, p. 51);
- Leur soumission par les Nkundó-Bombomba (HULSTAERT 1972, p. 56; SULZMANN 1985);
- Leur asservissement par les Ntómbá qui leur appliquaient le nom de *Bakwála* 'esclaves' [40];
- Leurs nombreuses unions avec les Ntómbá et les Nkundó;
- L'existence de plusieurs clans portant le nom de *Bosanga* ou *Bohanga* qui rappellent les tribus portant le même nom dans les bassins de la Mongala et de l'Itimbiri-Aruwimi, notamment les Babéo-Bangelema apparentés aux Babóa et Mobéngé des Uélé.

Aussi n'est-il pas surprenant que ROMBAUTS (1945, p. 122) fasse le constat que les Batswá parlent un «lokonda archaïque, mêlé de lonkundó» [41]; or cette langue des Batswá est justement reliée génétiquement à celles de l'Aruwimi-Lomamé (MOTINGEA 2009, pp. 951-955; MOTINGEA 2010, pp. 230-231). Le lokonda présente un modèle de métatypie (ou du moins de calque) explicable par le fait d'une situation sociolinguistique trop complexe, qui n'entre dans aucun du genre de ceux que ROSS (2007, pp. 130-131) a exposés.

Si l'on admet, en effet, que les Ekonda au moment de leur arrivée dans la région du Fleuve parlaient lokota, un dialecte mǒngǒ déjà assez particulier, un mélange des dialectes des Bakutu et du lotswá (selon les données d'archives) — peut-être plus exactement du «lifotó» des Nsámhá de Boéndé qui se disent comme eux descendants de Mputela (ROMBAUTS 1946, p. 149) —, ils doivent avoir parlé abondamment, avant et pendant leur traque par les Bongili et leur soumission ultérieure par les Bombomba, un dialecte riverain des Nkǒle, notamment celui des Bonginda, une tribu non nkundó trouvée sur place qui a incorporé plus tard quelques Ekonda (BOELAERT 1947, p. 27) [42]. Les Bonginda (Ibǒkǒ) constituent une division des Ntómbá du lac qui désignent leurs congénères de l'hinterland du nom de *Mekonda* 'gens de forêt' et appliquent à leur variante dialectale le glossonyme *lokonda* (BOKOLO 2015, p. 10).

La répartition des groupes dialectaux du lolíngá, la *lingua franca* de la Ruki en région d'Ingende, reflète parfaitement ce clivage ethnique: Elíngá-Bokúma, Elíngá-Nkǒle et Elíngá-Ekonda. Ces derniers se trouvent — d'après le témoignage d'un ancien séminariste de Bamanya, Ilonga Nkanga de Bokambá à 12 km de la mission — disséminés sur les bords de la rivière Lokoló (MOTINGEA 1994a, p. 294).

Les Ekonda de Bosanga se vantent, eux, de parler un lokonda «classique» qui présente sur le plan lexical beaucoup d'affinités avec le lingála, la *lingua franca* du fleuve (MOTINGEA 2006, p. 385). Notre informateur, Alberic Yolo,

nous a confié que des notables d'autres groupements venaient jadis séjourner chez eux pour apprendre ce «beau lokonda», c'est-à-dire un parler sans *h*, *nh*, *β* ou *v*, pour **s*, **ns*, **b* respectivement. Les Βεσόνγο ont donc raison de tenir les Bosanga pour des Ntómhá ou des Nkundó (ROMBAUTS 1945, p. 122). Nous ne sommes pas loin ainsi de la petite bourgeoisie new-yorkaise de LABOV (1976, pp. 200-201):

[Ils] éprouvent une forte répugnance pour «l'accent» de leur ville. La plupart d'entre eux se sont efforcés de modifier leur façon de parler, et on leur fait un vrai compliment quand on leur dit qu'ils y ont réussi. Et pourtant, presque tous se font aussitôt reconnaître, dès qu'ils posent le pied hors de leur agglomération. [...] ils sont convaincus qu'il existe une langue «correcte» qu'ils s'efforcent d'atteindre dans leur conversation soignée.

Les divergences linguistiques parmi les groupements ekonda sont partout perceptibles: on dit, par exemple, que les Yolo y'òloko du secteur des Ekonda parlent *lonyanyanga*, une sorte de mélange du lolíngá (riverain) et du lóǒǒjí.

Tous ces témoignages ne viennent que confirmer ce qu'avait écrit ROMBAUTS (1945, p. 126):

Les tribus donnent, à première vue, l'impression d'être homogènes; mais, après une étude un peu approfondie, il me semble voir partout des mélanges, qui se sont constitués en tribus unies. Les liens de parenté de tribu à tribu sont extrêmement nombreux.

Si l'on rejette l'idée que les Ekonda ont restructuré leur langage selon le modèle des parlers riverains — comme il est difficile de diagnostiquer la métatypie dans le cas des parlers génétiquement reliés (ROSS 2003, p. 190) —, on pourrait au moins admettre que ce langage des Ekonda est à classer parmi les «langues mixtes».

ROSS (2007, p. 131) a prétendu que dans beaucoup de cas, et peut-être même dans la plupart des cas de changement de langue, les locuteurs changeant de langue acquièrent leur nouvelle langue parfaitement et que presque aucune trace linguistique de changement ne persiste. Nous nous attachons, au contraire, à un principe très précieux que HULSTAERT (1992a, p. 56) a énoncé dans son article «La linguistique et l'histoire des Móngó», publié à titre posthume et qui était en fait un exposé préparé pour une conférence à Lubumbashi:

Les particularités intéressantes pour la reconstruction historique, sont avant tout de simples détails pour la connaissance pratique d'une langue et souvent des points mineurs dans l'ensemble des éléments de cette langue. Ces phénomènes qui importent pour l'histoire sont souvent réduits à l'état de simples vestiges, d'archaïsmes, de faits limités à certains dialectes parlés par des groupes vivant très à l'écart.

Ces points mineurs, qui indiquent des accointances entre le lokonda et les parlers riverains, se trouvent dans les conclusions des esquisses linguistiques

que Hulstaert a consacrées à quelques «groupes mǎngǎ discutables»: Èlèku (HULSTAERT 1982a, pp. 63, 68), Mpámá (HULSTAERT 1984a, p. 32), Imoma-Mpǎngǎ et Nkǎlè (HULSTAERT 1984b, pp. 71-72, 132). Nous pouvons donc tout simplement nous reporter au lolíngá traité plus haut et ne retenir ci-dessous que les faits qui n’y ont pas été relevés:

— Aspects phonologiques:

- *s > h > Ø, phase atteinte par les parlers de la moyenne Ngiri: zámabakútú, lifonga, mabale, ebuku, libinza, etc. (MOTINGEA 1996a, p. 66);
- *b > β = v: *lóbí > lóví ‘hier’, *lo-bóla > lo-vóla ‘ciel’, *-bóy- CS.213 ‘come back’ > -vóy-a ‘refuser’, *bét- > -vét-am- ‘se coucher’, *-bél- CS.106 > -vél-a ‘annoncer’, *i-bakú > ivakú ‘achoppement’, *ntaba > ntava ‘chèvre’, *-yéb- > -év-a ‘savoir’ — comme en lontómbá et en lotswá;
- *p > p: *-pom- > -pom-a ‘battre’, *-pεεm- > -pém-a ‘respirer’, *-pend-ps.389 > -pénda ‘(sur)passer’, *-pá > -pá ‘donner’, *-cǎp- BLR 5.4. > -sǎp-ǎ ‘préparer/piler de l’huile’;
- *g > Ø (sporadiquement): *n-jǎgu > njǎu ‘éléphant’, rappelant le soa-sǎkǎ (MOTINGEA 2012, p. 247);
- Harmonie vocalique atteignant la finale -a: -mel-ε ‘boire’, -yéñ-ε ‘voir’, η-kéh-é ‘matin’, -hek-ε ‘rire’, -vǎv-ǎ ‘être mouillé’ -tǎk-ǎ ‘piler’, -lǎk-ǎ ‘ensorceler’ — comme en bobangi;
- Application parfaite de la règle de Meinhof: únana < *úndanga < °ń-lang-a ‘je désire’, mindo < *mbindo ‘saleté’, ηǎmbe < ηǎmbe ‘vache’, ηnémí < °nj-ém-í ‘je suis debout’, ηnúma < °ńj-úm-a ‘je m’en vais’, ηnénéki < °ń-jén-ék-i ‘j’ai vu’.

— Morphologiques:

- Locatif ndé d’origine tswá: ndé liá ‘en forêt’, ndé ηonda ‘au champ’, ndé boté ‘sur l’arbre’, ndé ηkúko ‘au conseil secret’;
- Absence des classes 19/13, comme en bobangi-ntómbá (MOTINGEA 2010, p. 412) et dans les parlers du Moyen-Congo et de la Ngiri, tels que le mpundzá (MOTINGEA 1996a, p. 205);
- Enclitisation des marques aspectuelles: éηg’ósilě < é-ηgá ó-sil-a+é ‘c’est fini’ (p. 412), bá-ng’u-ál-ě ‘ils ont râpé’, túmээ < tó-ím-á+é ‘nous sommes partis depuis’ — phénomène attesté également en lǎyémbé (MOTINGEA 2010, pp. 119-121), mais qui fait surtout penser aux langues du bas-Lualaba (STAPPERS 1973, p. 44);
- Connectif PP, type bobangi et ngǎmbe, au lieu de PP-a: wemi bó mpoké ‘façonneur de pots/potier’, bihénda bí mpekwa ‘tissus de raphia’, ηonda e besongo ‘champ de cannes à sucre’, besóngó bé bahǎ ‘arbres à/boutures de manioc’.

— Syntaxiques:

- Ordre O₁SV(O₂) possible, par topicalisation (p. 451): bolito ηjúlea (< ńj-úl-e-a) lǎηǎmbé ‘c’est moi qui joue le griot/transmets la charge de

réclusion à l'instrument de musique', *ɔné emenɔɔ épá nnanɔgé la ipétɔ* 'ça, c'est de l'opulence que je n'aime pas/que je déteste';

- Double objet (p. 427): *á-n-sál-él-ák-i mí* 'il a travaillé pour moi', *tó-va-ět-ák-i ívɔ́* 'nous les avons appelés, eux'.

Les Ilángá-la-Bakonda qui se sont installés dans la région marécageuse de l'entre-Lótɔ́-Lokoló, mais qui habitaient jadis la région nommée *Beseki* entre La Jwalé et la Louílaka et font partie des groupes qui n'avaient pas encore été envahis par les Nkundó (SULZMANN 1980, p. 2), ont un parler qui, tout en étant très proche de celui des Lyókó et Lwǎyá mais aussi de celui des Mbidiankamba (MOTINGEA 1999), peut être considéré comme du lokonda original, en vertu des caractéristiques ci-après relevées des phrases du questionnaire de Hulstaert fournies par le P. Rombauts:

— Phonétique:

- Tendance à la nasalité: *nso* 'nous', *bonta* 'arc', *bo-ntomba* 'rat de Gambie', *-nkuma* 'tout';
- Préservation de *b* dans les racines: *lobola* 'ciel', *ibongo* 'rive', *bobutu* 'hôte', *-betama* 'se coucher', *be-be* 'maux', *-bikya* 'sauver', *n-tabá* 'chèvre', *i-baku* 'achoppement', *-bɔngɔ* 'convenir', *li-ɔbɔ* 'civette';
- Préservation de *s*: *bosongo* 'arbre', *nkasa* 'feuilles', *-isela* 'placer', *basi* 'eau', *ebosa* 'enfant', *-sangela* 'annoncer', *bisenda* 'étoffes', *nsi* 'poisson';
- Séquence °o-V > uV: *ituabele* (< i-to-a-bel-e) 'pour les appeler', *tosuma* (< to-so-im-a) 'nous sommes sortis/partis', *litubola* (< li-to-íb-ol-a) 'nous interroger', *ambume* (< a-mbo-im-e) 'il provient', *bambuale* (< ba-mbo-al-e) 'ils ont râpé', *bapuebe* (< ba-po-eb-e) 'ils ne savent pas', *luumala* (< lo-em-al-a) 'arrêtez-vous', *luueneki* (< lo-ɛn-ak-i) 'vous avez vu', *mpuene* (< m-po-ɛn-a) 'je ne vois pas; même en diachronie *njuwe* (< *-joke) 'abeille'.

— Morphologie:

- Infinitif objet, préfixe *li-/i-*: *ambya litubola* (< li-to-ib-ol-a) 'cesse de nous interroger', *i-ba-ib-ol-a* 'de les interroger', *bapolange i-tong-a* 'ils ne veulent pas construire', *tetu i-to-m-pa* 'allons pour me donner', *oyoli i-to-o-bol-a* 'tu vas lui ôter';
- Copule au présent *e-*: *tu-e* 'nous sommes', *e* (< a-e) 'il est', *bobamba w-e* 'l'arbre bobamba est', *baketi be* (< ba-e) 'les taches sont', *biomba bi-e* 'les choses sont', *yomba y-e* SG;
- Marque de l'accompli, clitique *-i*: *ntale-i* 'il n'a pas encore mangé', *ntiwu-i* 'je ne suis pas encore mort';
- Possession aliénable à base du relatif de la copule passé récent *-ki*: *ntab'eki nyang'emi* 'la chèvre de ma mère', *lokula lo-kimi* 'mon couteau', *babunga ba-kinde* 'ses fautes', *lotepela lo-kiso* 'notre façon de parler';
- Thème adjectif pour 'petit' *-ke*: *bɔ-ke* 'petitesse';

- Thème numéral pour ‘six’ -*samalo*;
- Dans le syntagme génitif, l’ordre DETERMINANT + DETERMINE, sans ligature, est possible: *ebosa epuebake nkele belelo*, au lieu de *belelo be nkele* ‘l’enfant ne connaît pas/ignore les limites de la palmeraie’.

A moins qu’ils soient le produit d’une contamination par les voisins, ces faits font penser aux dialectes des Bakutu (HULSTAERT 1974a) et des Bakela (FORGES 1977), voire au proto-pygméen (SCHEBESTA 1952, pp. 383-388); ils militent par conséquent pour la confirmation de la tradition orale selon laquelle les Ekonda sont frères des Ekota, les *Baséká Mputela* restés dans la région de Boende (VAN DER KERKEN 1944, p. 329). Voici, en effet, ce que HULSTAERT (1974a, pp. 44-45) a écrit dans la conclusion de son étude sur les parlers des Bakutu:

On constate aussi des accointances avec les Bosaka et les Boyela en matière lexicale. Et dans une autre direction avec le groupe méridional: Bɔɔli, Ntomba de Bikoro, Ekonda et tribus de la Lɔkɛnyɛ. Dans le domaine phonétique on remarque l’affinité avec les Ekota 102 et les Eɛku 396, dans la chute de la consonne *l*, phénomène qu’on ne retrouve pas dans ce degré dans le domaine mɔngɔ.

Ainsi il aurait dû honnêtement être amené à revoir sa critique contre Van der Kerken (HULSTAERT 1984c, p. 13), là où il utilise l’argument linguistique pour nier la parenté entre les Ekota et les tribus du lac Inɔngɔ.

Comme nous l’avons mentionné plus haut, la langue des Ekota présente encore, en effet, des particularités intéressantes qui suggèrent une cohabitation avec les chasseurs-cueilleurs.

Les cérémonies ludiques relatives à la réclusion de la primipare, *walé la nkúmú* [43], proches de celles de la proclamation de la *bolúmbú* ‘femme de rang’ (HULSTAERT 1987, p. 46), et celles de l’investiture du «roi» *nkúmú* ou *ekofo* (VANSINA 1991, p. 161), pourraient avoir été empruntées aux Ngɔmbɛ via les Batswá, leurs anciens compagnons de route (DUKE 2001, p. 6; MOTINGEA 2009, p. 864; 2014, pp. 213-214). Le terme *bolúmbú*, signifiant initialement ‘nudité’, désigne chez les Ngɔmbɛ du sud l’initiation de jeunes filles mais aussi une sorte de danse (ROOD 1958, p. 30). L’exécution de cette dernière danse initiatique ngɔmbɛ a été «détournée» par les Ekonda — qui n’ignorent pourtant pas ces institutions originelles (CORDEMANS 1926) [44] — au profit de la fête «populaire» des leaders qui ont banalisé la royauté sacrée traditionnelle (VANSINA 1991, p. 150) à des fins de s’arroger le titre du *nkúmú* et d’exhiber leurs richesses (VANSINA 1987, pp. 15-16):

[...] le modèle de la société comme famille présupposait la polygamie de son chef avec une première épouse, de droite, une seconde de gauche et parfois une favorite. Enfin une épouse du leader pouvait être proclamée *bolúmbú* ou *ekila* reflétant le rang exalté de son époux parmi les autres leaders. De même un «premier» parmi les leaders pouvait proclamer sa fille *bolúmbú* et la réserver en

mariage à un leader en dehors de son district. La concurrence entre leaders se reflétait directement dans le faste qui accompagnait la proclamation publique d'une bolúmbú, tout comme dans la proclamation publique du titre de *nkúm*, pris occasionnellement par l'un ou l'autre leader particulièrement riche.

5.2. LANGUES DU BAS-KASAI

Notre délimitation de cette partie du domaine n'est pas seulement dictée par la recherche ethnographique (VAN DER KERKEN 1944, p. 13; VANSINA 1991, pp. 210-214; DE SAINT MOULIN 1998, pp. 601-602), mais aussi par les résultats de la recherche en linguistique (VAN BULCK 1948, p. 474; HULSTAERT 1999, p. 19). Ces deux derniers auteurs parlent respectivement des locuteurs «Vieux-Bantous [45] du sous-groupe du Kwangu-Kasai» et du «groupe Kwango-Kwilu». Les langues appartiennent au groupe B.80 Tende-Yanzi de la classification référentielle de M. Guthrie. Il s'agit du ding, du mput ou mpur, du lwel, du ngul, du mbun, du yans et du tsong.

Parmi les caractéristiques linguistiques retenues par VAN BULCK (1949, p. 214) pour la section nord-ouest des bantous du nord-ouest, celles qui concernent les langues citées ci-devant sont les suivantes:

- Tendence très marquée vers le monosyllabisme: formes apocopées [46];
- Rôle primordial du ton musical à fonction sémantique;
- Amuïssement des préfixes;
- Simplification des catégories du substantif, c'est-à-dire du jeu des préfixes;
- Mutations consonantiques, après la chute du préfixe [47];
- Alternances vocaliques pour exprimer ce que le bantou classique exprime par la voyelle suffixe et des dérivations verbales (EKWAMPOK 2008, pp. 201-210);
- Présence fréquente de voyelles nasalisées, par chute du N intervocalique [48];
- Multiplication des affriquées.

Voici ce que dit ensuite VAN BULCK (1949, pp. 214-215) de ce qui est leur aire d'extension:

Nous devons distinguer à tout le moins deux pénétrations, dont la première est de date beaucoup plus ancienne. A celle-ci nous devons rattacher les Groupes de la Kantsha, du bas Kwilu, du lac Léopold II, du Mpumbu et les Teke. Il ne nous est pas encore possible de les différencier nettement des strates de Vieux-Bantous de la Cuvette [49].

Les Fang-Yaunde ont pénétré dans la région bantoue à une date bien plus récente.

Pour toute cette section, tout comme pour celle des Bantous occidentaux (section de l'Ouest), nous devons tenir compte de la présence d'un substrat antérieur composé de *Pygmoïdes*: BaGielli du Cameroun, ANdenga (BaMbenga) de l'Ubangi, Négrilles de la Sangha, etc., etc.

On se trouve donc ici, comme à la frontière des zones C et D, en présence des langues bantoues «malmenées» et «intraitables» en comparative (MEEUSSEN 1980, p. 599), mais qui doivent être évidemment traitées comme de meilleurs candidats pour l'étude des langues mixtes au même titre que les parlers des chasseurs-cueilleurs Aka (DUKE 2001, pp. 123-124). Il s'agit en effet de langues qui visiblement dans leur phonétique, leur lexique et leur structure morphosyntaxique sont des pidgins créolisés.

Même s'il a été démontré qu'en dépit de ces différences notables qu'ils présentent par rapport au bantou commun, ces parlers et ceux du groupe B.70 Teke appartiennent bien à la famille bantoue (GUTHRIE 1960, p. 15; CRANE *et al.* 2011, pp. 3-4), les études susceptibles de fournir des explications sur un tel développement se font encore attendre.

La dégradation des langues du Kwa, y compris le bobangi, est quasiment explicable par les mêmes facteurs que ceux que nous avons indiqués pour les langues du Moyen-Congo:

- L'invasion du pays par des immigrants à succession matrilineaire en provenance du Gabon et du Cameroun;
- Le commerce à longue distance;
- L'asservissement [50];
- La conquête coloniale et la maladie du sommeil, dont voici un tableau très accablant peint par VANSINA (1991, pp. 314):

[...] considérons les gens de la basse vallée de la Kwa où à la fin de 1890, la mission catholique assista à l'arrivée de la première grande expédition de l'Etat du Congo dont les troupes se livrèrent au pillage et à l'enlèvement de gens comme prisonniers tout au long de leur chemin vers l'Uele. A cette époque Ebeke, le leader local de quelque huit villages, appela le missionnaire à une réunion des leaders du district pour décider ce qu'il fallait faire à propos du fait que, dans les derniers mois, quatre-vingts personnes étaient mortes et qu'une quatre-vingt-unième était mourante. La maladie du sommeil avait frappé. Ces gens étaient des commerçants bobangi [et] avaient peut-être transporté la maladie du Pool quoique, étant donné la date, il est [*sic*] possible aussi qu'elle fut [*sic*] introduite par l'expédition. Ce ne serait pas la première fois que les militaires auraient laissé une épidémie dans leur sillage. Dix ans plus tard, vers 1900, la mission fut abandonnée parce que les quatre cinquièmes de la population locale avaient succombé à la maladie [51].

6. Conclusion

Il se dégage de ce modeste aperçu que les langues parlées par les communautés minoritaires constituées de riverains et de leurs voisins terriens Nkɔŋɛ ainsi que par les chasseurs-cueilleurs ont été, dès le contact avec les Ngɔmbɛ et

Móngo numériquement supérieures, condamnées à disparaître. Par contre, en l'absence d'une politique linguistique, plusieurs langues de la Cuvette continueront à survivre, mais naturellement sous une forme fortement pidginisée, avec de nombreux emprunts lexicaux et grammaticaux aux langues en contact, aux langues communes, à la *lingua franca* et/ou au français (HULSTAERT 1979; 1993d, pp. 198-199). Le processus de pidginisation dans la vie de ces langues n'est cependant pas nouveau (HULSTAERT 1993e, p. 377; GREGOIRE 2003, p. 369).

Dans notre exposé, nous nous sommes efforcé de décrire globalement le phénomène de déclin des langues tel qu'il est vécu dans le vaste domaine du bassin central congolais en nous appuyant sur la documentation disponible. Du point de vue de la linguistique de contact, il serait évidemment plus adéquat de s'appesantir sur des langues particulières, surtout celles qui sont parlées dans la périphérie du domaine ou dans des contrées multilingues. Pour cette entreprise, il faudra non seulement s'appuyer sur de brèves notes grammaticales, mais aussi sur de vraies grammaires dialectales avec textes à l'appui, telles que celles élaborées par MEEUSSEN (1952), VANSINA (1959), FORGES (1977) et HULSTAERT (1970), respectivement sur les parlars des Baómbó, des Bakuba, des Bakéla et des Mbóle du groupe Nkengó.

REMERCIEMENTS

Nous exprimons toute notre gratitude au *Netherlands Institute for Advanced Study in the Humanities and Social Sciences* (NIAS) à Wassenaar, qui, en nous ayant offert durant l'année académique 2013-2014 des conditions de recherche exceptionnelles et un cadre de travail très stimulant, nous a permis d'écrire cet article qui entre dans un projet d'ouvrage intitulé «Langue, Histoire et Identité dans le Bassin central congolais».

Nos remerciements s'adressent aussi à deux relecteurs anonymes de la version initiale de notre article pour leurs remarques ô combien pertinentes qui nous ont conduit à le réécrire presque entièrement.

NOTES

- [1] Cette affirmation est à prendre avec réserve dans les régions où les chasseurs-cueilleurs vivent en symbiose avec les Bantous, car elle renvoie de manière univoque à un groupe d'assujettis et peut même correspondre à une injure. Aussi les Batswá du territoire de Bikoro préfèrent-ils qu'on leur applique le terme Balúmbe, qui était initialement réservé aux pygmoïdes vivant près des cours d'eau.
- [2] Dans notre étude sur les Mbenga de Mankanza (MOTINGEA & BONZOI 2008, p. 12), nous nous sommes demandé si les Bwatu ou Bwati, qui vivaient sur des îles flottantes, des îles construites en terre apportée, etc. (VAN DER KERKEN 1944, p. 198), n'étaient pas de souche pygmoïde, des ancêtres des Balúmbe que JOHNSTON (1908) a rapportés sur sa carte presque au même endroit, c'est-à-dire un peu en amont de Bokombe, habité actuellement par les Bolóki. HULSTAERT (1982a, p. 8) a aussi signalé l'existence de villages des Balúmbe sur les arrières des villages des Eléku de la Lulonga.

Au vu des affinités entre la langue des Bafotó, le lingɔmbe et les parlers riverains de la Ngiri (MOTINGEA 1994b, pp. 343-344; 1996c, p. 64), nous avons osé avancer l'hypothèse que le lingála, la *lingua franca* du fleuve, aurait bien pu être à l'origine la langue d'un groupe de Bantous au physique détérioré semblable à celui des Pygmées éclaireurs de la forêt équatoriale. Cette hypothèse peut être raisonnablement soutenue par le fait que le lingála est une *lingua franca* à multiples *lexifiers*. Elle ne contient, en fait, qu'un tiers seulement des mots bobangi (KNAPPERT 1958, pp. 200-201), qu'on a prétendu jusqu'ici être sa base. Le vocabulaire du lingála serait donc bien le produit d'une vie de bohémien que menaient les chasseurs-cueilleurs. LE ROY (1905, p. 117) a fait remarquer qu'en passant de tribu en tribu et séjournant près d'elles plus ou moins longtemps, ces dernières ont fini par se constituer un vocabulaire spécial, un peu comme les bohémiens, et qui, tout en étant la langue de tout le monde, n'est en réalité la langue de personne. C'est ce que HULSTAERT (1948, p. 21) a effectivement constaté chez les Batswá de l'équateur: «Le dialecte des Pygmoïdes révèle des différences assez notables d'avec le langage de leurs maîtres. Nombre d'éléments se trouvent dans les différents dialectes Mɔ́ngɔ (lokonda, lombóle, lontómbá, lolíngá, longandó, etc.) et non dans celui de la région d'Ingende-Bokatola».

- [3] Pour cette région, les recherches ont été effectuées par une équipe de scientifiques allemands dirigée par le prof. Eggert. CLIST (s. d., p. 17), se reportant à l'étude de WOTZKA (1995), fait remarquer la continuité d'occupation des berges des affluents du fleuve Congo vers Mbandaka depuis l'horizon Imbonga; il affirme qu'on peut bien suivre là l'évolution lente mais régulière d'une production matérielle jusqu'au XIX^e siècle.
- [4] Il y aurait même à craindre qu'il ne s'agisse que d'une sorte de banalisation de la réalité vécue ici, motivée par la volonté d'étouffer l'éclosion de vérités qui pourraient être gênantes dans le contexte géopolitique et socioculturel actuel. HULSTAERT (1986b, p. 216), dans le complément à sa monographie des Bondombe, a dû formuler la remarque importante ci-après: «[...] la tendance actuellement répandue dans certains cercles de spécialistes: le plus important n'est pas la chronique des faits réellement arrivés mais l'état présent qui en est la conséquence et donc la conception que s'en fait la génération en vie et son comportement. C'est le présent et sa continuation au futur qui priment; le pragmatique doit avoir la primauté sur le passé, si on ne range pas celui-ci dans le domaine de la fantaisie et de la légende». Aucune surprise donc que MUFWENE (2003), dans sa contribution «Contact Languages in the Bantu Area» in *The Bantu Languages* (NURSE & PHILIPPSON 2003), se soit borné à ne traiter que les *linguae francae* traditionnellement connues: kituba, lingála, ewondo et fanagalo, pour conclure qu'elles ne constituent que des produits de l'œuvre coloniale. On doit ajouter à ces faits la forte diffusion par ces cercles des grammaires et dictionnaires d'un lingála que personne ne parle (KAWATA 2004, BOKAMBA & MOLINGO 2004). Ces manières obscures d'agir et de penser sur les *linguae francae* ont été bien avant nous dénoncées par ROMBI (1994, p. 335): «Attribuer l'invention de ces langues à la seule intervention des colonisateurs relève d'une sorte de myopie historique qui n'est peut-être pas innocente». Il pourrait même s'agir visiblement, pour ce qui est de la linguistique historique proprement dite, d'une obstruction à la révision des leçons reçues. Les découvertes sur les locatifs, notamment par ZIERVOGEL (1971), GRÉGOIRE (1975, 1980), HULSTAERT (1980) et GAUTON (2000), sont simplement écartées du revers de la main!
- [5] Mais lui-même est resté inconstant dans son argumentation sur les filiations génétiques. Au sujet des Atetela, alors que dans ses témoignages pour la dialectologie

(HULSTAERT 1987, p. 371) il soutient que les Nkundó-Móngo considèrent «les Batetela comme des frères, non seulement parce qu'ils se disent An'ă Móngo, mais aussi sur la base de la langue (et des coutumes)», dans *Éléments pour la dialectologie móngo* (HULSTAERT 1999, p. 19) tout comme dans *Éléments pour l'histoire ancienne* (HULSTAERT 1984c, p. 16), il opte pour leur exclusion de la famille linguistique móngo: «Sont exclues a priori les tribus qui se proclament Móngo, mais dont la langue me semble trop différer des parlers des autres Móngo pour pouvoir être considérée raisonnablement comme dialecte du lomóngo. Ce sont manifestement les Batetelá et apparentés du Sankuru»; «A mon avis les divergences culturelles et surtout linguistiques militent en faveur de la séparation avec les Móngo, nonobstant une origine commune indiscutable, dont la conscience demeure vivante malgré tout». Pour cette position qu'il a maintenue pendant bien longtemps, il n'a pas été ménagé par son ami VAN DER KERKEN (1944, p. 76): «Hulstaert exclut des Mongo les *Batetela* et les *Bakusu*, sans raison, ces populations étant étroitement apparentées, historiquement, culturellement et linguistiquement avec les Mongo [...]». L'argument avancé pour l'exclusion de l'ǒmbó, à savoir le fait que son esquisse par MEEUSSEN (1952) est une publication contenant trop peu d'éléments pour son sujet (HULSTAERT 1999, p. 19), peut être considéré comme une astuce, car il a reconnu ailleurs que ce dialecte militait en faveur de l'appartenance des Baómbó au groupe Móngo (HULSTAERT 1984c, p. 16): *l'Esquisse de la Langue Ombo* par MEEUSSEN (1952) confirme nettement cette position. Le manque de constance chez Hulstaert est également remarquable à propos des riverains et des chasseurs-cueilleurs. Au sujet des Lokaló, par exemple, il a écrit que leur «langue a de nombreux éléments bien différents des dialectes mongo ordinaires, voisins ou éloignés» (HULSTAERT 1984c, p. 60); qu'elle est une variante du parler des Bambóle (HULSTAERT 1999, p. 19). Dans la conclusion à l'esquisse consacrée à celle-ci, on peut plutôt constater sa volonté de la mettre dans le panier des dialectes móngo: «Ces particularités placent ce parler à un rang bien spécial [...] Dans ces contrées on entend fréquemment dire que ces Lokaló parlent un peu comme les Bambóle. L'exposé donné ici ne confirme pas cette parenté» (HULSTAERT 1988, p. 170). Enfin, quant aux parlers riverains dont il reconnaît l'unité génétique (HULSTAERT 1984b, p. 11), il va — sans doute pour des raisons géopolitiques — les intégrer parmi les dialectes móngo (HULSTAERT 1999, p. 19).

- [6] HAZAEL-MASSIEUX (2005, p. 6) écrit justement à propos des définitions de créoles fondées sur le «type» linguistique ce qui suit: «L'existence de créoles devient un phénomène à peu près universel, on en propose un peu partout dans le monde, et l'on peut dire que presque chaque langue est passée au crible de la créolisation et de la créolité pour vérifier qu'elle n'est pas un créole qui s'ignore».
- [7] Ceci peut tout de même paraître une contradiction, parce qu'on ne peut pas en même temps réclamer des éléments de preuve formels et plaider en faveur d'une foi en la tradition orale (HULSTAERT 1975, p. 723): «Über die Vergangenheit der Mongo gibt es außer lokalen Überlieferungen nur wenige Daten. Die historische Forschung kann sich nur auf die Linguistik und die vergleichende Ethnologie stützen».
- [8] Il existe un groupement portant le nom *Baénga* chez les Móngo de Yakata dont le parler n'a rien à voir avec ceux des riverains du Fleuve. Mais il pourrait bien s'agir — comme ailleurs dans le domaine (HULSTAERT 1984c, p. 17) — d'un cas d'assimilation aux terriens. D'après VAN BULCK & HACKETT (1956, p. 72), il y aurait au moins quatre parlers à considérer comme étant des dialectes du lipótó: Yakáta, Yamongíri, Liombe et Yambuya.

- [9] Pour se rendre compte de la façon dont l'autorité coloniale s'est prise face à cette question délicate, on peut se référer à une communication faite récemment par Bérengère PIRET (2014) à l'occasion d'une journée d'étude organisée par Bas De Roo à Gand le 07.11.2014: «La répression de la sorcellerie au Congo belge. Approche législative et judiciaire».
- [10] Les pionniers de Kinkole ont été effectivement pour la plupart des Motémbo venus d'Akula et de Mobeka.
- [11] Les estimations sur les pertes en vie humaine pendant la conquête de l'Afrique équatoriale sont horribles (VANSINA 1991, p. 307): «[...] la conquête prit quarante ans pour achever (dans les deux sens du verbe) la tradition équatoriale. Cette image passe sous silence la violence d'une conquête apocalyptique: une combinaison de guerre, de destruction par le feu, la maladie, et la faim, qui réussit finalement (vers 1920) à briser la résistance déclarée des Africains, à un prix qu'on estime à la moitié de la population de la région».
- [12] HULSTAERT (1986a, p. 104) se réfère à une lettre du 18.08.1904 publiée dans la revue *Het Missiewerk* (1904) écrite par le Fr. Valentinus Bogaert à sa mère dans laquelle on peut lire que les villages riverains étaient très peuplés, mais que la maladie du sommeil les a presque éteints. DE ROP (1980, p. 137) a rappelé que le poste de Bokuma, situé sur la Ruki à 64 km de Mbandaka, a été fondé en 1910 après l'abandon de Mpakú où la même maladie avait décimé la population.
- [13] VANSINA (1991, p. 284) a précisé que la baisse de la natalité provenait aussi de l'utilisation interne d'esclaves: «Des gens comme les commerçants Bobangi importaient de grands nombres d'esclaves féminins qui avortaient souvent».
- [14] Dans une correspondance électronique du 25 mars 2015, D. Demolin nous a fait savoir que leur folklore rappelle encore les Bambuti de l'Ituri: «La musique dont j'ai des enregistrements est très similaire à celle de la région de l'Ituri et cela rend les Djofe très intéressants».
- [15] On trouve dans le répertoire des chansons jebola des Baénga (KORSE *et al.* 1990, pp. 42-44, 97-99) — qui parlent actuellement *lómóngɔ* — celles qui sont en entier ou en partie produites en un *bolóki* parfait: *ya ékí bísó na lilómbe yá mosoko, míso másolá na byengɔ na mindóngó na milýi e* 'quand nous étions dans la maison de réclusion, les yeux étaient lavés avec du kaolin, avec des piments, avec des collyres'; *eséndé ya íngél'ólóngá e* 'l'écureuil est entré dans le nid'; *áoké nōsangá milókɔ e* 'il est parti pour des racontars'; *áú tsíka milókɔ* 'toi, cesse tes racontars!'
- [16] Une liste de mots dressée par l'administrateur de territoire Denis en 1930 permet toutefois d'identifier ce parler comme un dialecte nkundó-bokóté caractéristique.
- [17] COQUILHAT (1888, pp. 240-242) s'est bien renseigné sur ces Ngiri-Likoká: «ils constituent un peuple nombreux et féroce, et en plus ils s'allient fréquemment avec les Libinza contre les Mangála (Ibókɔ-Mankanza). En 1884, ils ont envahi Mbenga, mais le fétiche de ces derniers, *Moási ya Balói* 'femme de la tribu des Balói' — un petit pot en argile de la forme d'une bouteille sphérique —, les mit en fuite en poussant des cris terribles quand ils ont cherché à le briser» (COQUILHAT 1888, p. 292).
- [18] Pour DE ROP (1958a, p. 3) et HULSTAERT (1961a, p. 6), il n'y a aucune différence entre *lómóngɔ* et *lonkundó*.
- [19] Lire à ce sujet le journal de Charles Lemaire (VANGROENWEGHE 1986), DE THIER (1956) et MOTINGEA (2003).
- [20] Ecritures Saintes (HULSTAERT 1957a), épopée Lianja (BOELAERT 1949), proverbes (HULSTAERT 1957b), etc.

- [21] HULSTAERT (1993f, p. 288; 1993b, p. 308) a bien reconnu que cette dernière réalisation était typique aux Nkundó de Mbandaka. Ailleurs dans le domaine, le phénomène n'est attesté que chez les tribus de l'extrême sud: Nkutsu-Ohendó (BONGO 1968, p. 23; MOTINGEA 1990b, p. 126), Ndengésé (HULSTAERT & GOEMAERE 1984) et leurs voisins Yajímá, Ekólómbé et Itsiki.
- [22] Dans ses notes sur le dialecte des Boyela de la haute Tshuapa, HULSTAERT (1941, p. 96) cite plusieurs exemples où **b* initial qui correspond à zéro est présent en lonkundó. Tout en affirmant vaguement que le phonème **b* est toujours représenté dans certains dialectes en position intervocalique, DE ROP (1958b, pp. 14-15) indique que ce phonème est aussi représenté par ϕ . Il considère que cette dernière représentation doit être plus ancienne que la suppression du phonème.
- [23] Il existe aussi pour la construction relative l'auxiliaire *-ka* (HULSTAERT 2007, p. 253), mais celui-ci n'est pas attesté comme copule dans le domaine.
- [24] L'histoire de ce préfixe est tout de même assez complexe (HULSTAERT 1992a, p. 58).
- [25] On peut bien douter de l'authenticité de ce récit: Mombaya est un anthroponyme budzá et il n'existe pas de préfixe de forme *mo-* en parler môngo. Nous pensons par conséquent que cette victoire sur les Ngombé a été possible grâce à une coalition avec les Budzá, reconnus comme la seule nation que les armées ngbandi n'aient pas pu vaincre malgré leur supériorité militaire, à cause de leur magie de guerre (VANSINA 1991, p. 151).
- [26] Ceci ne signifie pas la négation absolue d'autres versions de l'épopée ailleurs: chez les Atetela, l'un des noms pour Dieu est *Onyá-Shongó* (HAGENDORENS 1952, p. 94). Le surnom du héros Libanja, qui est Anjákánjaka, pourrait bien avoir été introduit par les conquérants Ngombé-Dóko (MBUDU 1993, pp. 18-39).
- [27] Construction lourde régulière dans les parlers tswá (MOTINGEA 2010, pp. 203-239), comme en bira-soa (SCHEBESTA 1952, p. 384). HULSTAERT (1948, p. 28) a constaté que même dans le lexique les Batswá usent fréquemment de périphrases.
- [28] Question tout de même délicate: HYMAN (2007) et NURSE (2007) ne sont pas parvenus à trancher la question de savoir si la flexion verbale en proto-bantou était analytique ou synthétique.
- [29] Une liste des localités riveraines connues comme étant habitées par des Nkóle, remontant la rivière, a été dressée par HULSTAERT (1984b, p. 62): Ebila, Mpakú, Nkombo, Boyela, Nkíle, Mbúlúngányi (Bokúma), Ikéngé (partie), Iséngé, Mpombi (aîné), Lóna lónéne, Botéke, Bosáá, Bolóka, Ifoku, Imbóna.
- [30] BOLESE (1960, p. 100) rattache sa tribu Losakani aux Nkóle venus de la rivière Lúwó.
- [31] *Ngombé mindélé*, soit à cause de leur caractère commun avec les Bangála: «la jalousie, l'orgueil, la vanité, l'enthousiasme les dominant comme nous [Européens]» (COQUILHAT 1888, p. 288), soit à cause de leur modèle d'organisation sociopolitique que la justice et l'administration coloniales ont adopté et imposé comme «organisation» qu'il fallait trouver partout au Congo avant 1920 (VANSINA 1991, p. 317).
- [32] Cet ethnonyme fait penser aux Basoa-Basoko mais aussi aux Bambuti-Basua de l'Ituri, qui parlent le kibira D.30 (VAN BULCK 1948, p. 148).
- [33] Les Jófé seraient pourtant venus du lac Tumba (BOLESE 1960, p. 101): «Les Lusankani, qui furent chassés autrefois par les Ngombe, relevèrent maintenant la tête et se mirent à leur tour à chasser tous les habitants de Dzofé qu'ils poursuivirent jusqu'à la rivière de Lomela». Les Batswá des Bólóngó et des Ilángá-la-Bakonda tout comme ceux des Iyémbé, Bolia et Ntóbá se disent Booné, terme que s'appliquent, semble-t-il, aussi les Batswá des Bahutu au Ruanda (ROMBAUTS 1946, p. 151). N'y

aurait-il pas une relation étymologique avec *Bokoné*, nom de la tribu d'origine de Bakásá (informateur de Hulstaert), qui voisine avec celle des Lokáló sur les tronçons routiers Boéndé-Bokungú, Efomí-Yansou et Lómela-Lotúlo (HULSTAERT 1982b, pp. 94-96)? Ces Bokoné ne comptaient d'ailleurs en juillet 1984 que 1 199 individus, d'après l'Institut national de la Statistique (Tiker Tiker 1992, p. 114). Nous avons pu écrire au sujet du terme *Baotó*, par lequel se désignent par ignorance les Ekonda en suzerains vis-à-vis de leurs Batswá, qu'il était le même que celui de *Bafotó* appliqué aux pygmoides de la Lopori (MOTINGEA 1996c, p. 65), qui vivent en toute indépendance (HULSTAERT 1978a, p. 114) — si l'on tient en plus compte de l'érosion consonantique qui a affecté les consonnes obstruantes. On peut encore noter que les Jǎǎ de la haute Tshuapa appellent les Mǎngǎ *Baotó* (HULSTAERT 1982b, p. 41).

- [34] Le chef Endolo des Bogbonga de Bosô-Njanao, décédé en 1962, avait de nombreux clients Bafotó. On les désignait par le syntagme *Bapotó bá Endolo* 'les Bafotó d'Endolo'.
- [35] Faute d'enquêtes linguistiques, nous ignorons le statut réel des Mbu, Tumbenga et Ngõmbe du territoire de Kibomgo (DE SAINT MOULIN & KALOMBO 2005, p. 121). Nous avons déjà pu mentionner le cas des Mbo du Cameroun (MOTINGEA 2009, p. 850) qui disent parler à la fois duala, bakwiri et londo, mais dont l'appartenance à la famille bantoue reste très discutable (JACQUOT & RICHARDSON 1956, p. 23). D'autres Mbo se trouvent dans l'Ituri (territoire de Mambasa). Ces derniers parlent le *ki-mbo* ou *i-mbo*, une langue de zone D apparentée au ndaka, au nyali, au bodo et au vanuma (<https://www.ethnologue.com/language/zmw>).
- [36] Voir HAGENDORENS (1956, p. VII): «Il [l'ǎtetǎla] est la base de l'enseignement primaire dans le Vicariat Apostolique de Tshumbe et dans la Préfecture Apostolique de Kǎlé». Voir aussi JACOBS (1959, p. 9): «Het Tetela wordt ook als schooltaal gebruikt in de gewestern Dekese en Kole waar respectievelijk Ndengese en Nkutshu worden gesproken».
- [37] Une section de ces riverains Balíngá se trouve plus loin vers l'aval, chez les Tofoké du secteur Bolokombi. Il est facile de reconnaître les traces du lómǎngǎ à travers le lexique de leur parler (STOOP 1988). Voici quelques passages d'une traduction anglaise du néerlandais de l'introduction d'une grammaire du lolíngá par le même auteur, que Michael Witzel de l'Université de Harvard a faite pour nous le 10 juillet 2005 à Tokyo: «The name Lolinga seems to derive from the Balinga people, who live in the area of Opala along the banks of the Lomami river, from Opala upstream, up to Yaluwe. However, our information does not come from the Balinga, but from a group of people living much further downstream, who are at present called by the administration 'collectivité locale Bolomboki'. This is a group of people who have moved there through earlier, not well understood, separate migration. In how far the Linga language of Bolokombi agrees with the language of the Balinga is not known to us; only, we have been assured from various sources that one can understand each other very well, also if each (person) speaks in his own language».
- [38] Le rév. D. Brown de la *Baptist Missionary Society* à Ntǎndó dans une correspondance au P. Hulstaert (1940, p. 63) a pu fournir de plus amples renseignements sur la parenté linguistique et ethnique de ces Ntǎmbá des lacs avec à la fois les riverains Bobangi-Eleku et les Ntǎmbá d'entre-Lómela-Luaǎa, c'est-à-dire les Bakutu, qui appartiennent avec les Mbóle à la première ou à la seconde invasion mǎngǎ.
- [39] On peut noter incidemment que le nom *Ekonda* est également porté par un groupe de Pygmées du Gabon devenus cultivateurs (VANSINA 1986, p. 431).

- [40] Communication personnelle à Kinshasa en 2011 par M. Prosper Bola, né de père Ekonda et de mère Ntómbá.
- [41] Voir l'une des hypothèses de HULSTAERT (1948, p. 21): emprunts des mots à l'hypothétique langue Batwá.
- [42] Les Bonginda des rives du Lac sont considérés aujourd'hui comme des Ntómbá riverains qui nomment leurs congénères de l'intérieur *Bekonda* (BOKOLO 2015). Ces Bonginda seraient apparentés aux Baénga de Mampoko (Lulonga). Mampoko rappelle d'ailleurs une tribu riveraine de la basse Ngiri ayant comme voisins au sud les Bobangi et les Eléku, au nord les Ndóbo et à l'ouest les Baloi-Likila (DE SAINT MOULIN 1998, p. 650), tandis que Bonginda est encore le nom d'un village chez les Mpámá de Lukolela (HULSTAERT 1984a, p. 6).
- [43] Ici, première chanteuse (CORDEMANS 1926, p. 11).
- [44] CORDEMANS (1926, p. 11): *walé*, temps que la femme qui vient d'accoucher reste dans sa hutte (quatre à cinq mois).
- [45] Cette terminologie d'une valeur purement régionale a été utilisée par Van Bulck dans sa classification basée sur les migrations.
- [46] D'après VANSINA (1991, p. 211), le foyer pour l'amuïssement des syllabes finales des mots est à situer le long des deux rives du bas-Kasaï dans la région de Makaw. On peut remarquer que certains groupes avoisinants, tels que les Batende qui appartiennent avec les Baboma, les Bampe, les Sakata, les Badia au groupe du lac Maindombe, ont commencé à imiter cette façon de parler (ELLINGTON 1977, p. 6; MOTINGEA 2004b, p. 123). Il faut admettre que l'origine du phénomène reste à rechercher, car il est aussi attesté dans les parlers teke du Congo-Brazzaville, voire plus loin, au Cameroun, dans les langues des groupes A.80 et A.70, dans lesquelles une syllabe fermée peut apparaître même en position non finale des radicaux (GUTHRIE 1953, p. 41).
- [47] Ce phénomène qui couvre une aire très vaste, partant du lac Victoria jusqu'en Afrique australe, concerne principalement les préfixes à voyelles *i*: **i*- (cl. 5), **li*- (cl. 8x) et **pi*- (cl. 19).
- [48] Il faut ajouter pour ce qui concerne le système vocalique l'existence des voyelles centralisées, avec des semi-voyelles correspondantes (ROTTLAND 1970, pp. 1-4). HULSTAERT (1992a, p. 59) a signalé l'existence de tels types de voyelles dans «nombre de dialectes mǎngɔ» sans malheureusement les nommer. Quelle que soit l'orthographe généralisée par les linguistes français, nous avons peut-être plutôt affaire ici avec les voyelles [+ATR], comme on en trouve dans d'autres langues de l'ensemble B.70-80 (ELLINGTON 1977, p. 4; RAHARIMANANTSOA 2012, p. 2).
- [49] Voir aussi VAN DER KERKEN (1944, p. 13): «C'est dans la cuvette centrale, dans la grande forêt congolaise, — assez probablement, dans les bassins des lacs Tumba et Léopold II et de leurs affluents, de la Lukenie, du Kasai et du Sankuru —, que s'est produit le choc entre les envahisseurs à succession matrilineale, originaires de l'Ouest [...] parlant à l'origine vraisemblablement des langues semi-bantoues, et les Mongo, envahisseurs à succession patrilineale, originaires du Nord-Est [...]».
- [50] Chez MATANGILA (2007, p. 111), on peut apprendre, par exemple, que vers le XV^e siècle les Banunú vivaient ensemble avec d'autres groupes dans le royaume de Tyo. Ils ont été conquis par des chefs Baju (Mongu). Leurs traditions affirment qu'après avoir quitté le royaume de Tyo, ils se sont installés dans l'actuel territoire de Mushie.
- [51] Les ravages causés par la maladie dans la région du lac Tumba (ROMBAUTS 1945, p. 127) ont été de la même proportion que ceux que nous avons signalés pour la

région du fleuve: «[L'] enquête [...] a révélé à la conclusion qu'il y a 60 ans il y avait au moins trois fois plus d'Ekonda que maintenant. [...] Et c'est aussi l'avis des Pères arrivés en 1911. Vers cette époque la maladie du sommeil faisait des ravages inouïs: des centaines de baptêmes *in articulo mortis* en deux ou trois ans».

SIGLES ET ABREVIATIONS UTILISES

1, 2, 3...	classes morphologiques
<	vient de
>	devient
∅	morphème ou phonème zéro
*	forme reconstruite ou hypothétique
APPL	extension applicative
ASP	morphème d'aspect
ATR	<i>Advanced Tongue Root</i>
AUG	extension augmentative
AUX	auxiliaire
B	ton bas
BLR	<i>Bantu Lexical Reconstructions</i>
C	consonne
cl.	classe
COM	comitatif
CON	connectif
COP	copule
CS	<i>Comparative Series</i>
D	déterminant
DEM	démonstratif
FV	finale verbale
H	ton haut
IMPER	impératif
INTER	interrogatif
MOT	motionnel
N	nom ou consonne nasale
Ń	nasal préfixe
NEG	morphème de négation
PF	préfinale
PL	pluriel
POSS	possessif
PRO	progressif
<i>ps.</i>	<i>partial series</i>
PV	préfixe verbal
SEP	extension séparative
SG	singulier
SOV	sujet-objet-verbe
SVO	sujet-verbe-objet
V	voyelle
vs.	opposé à

BIBLIOGRAPHIE

- ALEXANDRE, P. 1966. Système verbal et prédicatif du bulu. — Paris, Librairie C. Klincksieck, *Langues et Littératures de l'Afrique Noire*, **1**, 217 pp.
- BAHUCHET, S. & THOMAS, J. M. C. 1986. Linguistique et histoire des Pygmées de l'Ouest du bassin congolais. — *Sprache und Geschichte in Afrika*, **7** (2): 73-103.
- BAKAMBA MPUTU, A. 2001. Esquisse du parler lohango. — *Annales Æquatoria*, **22**: 185-203.
- BAMWANYA, L.-Z. 1990. Le parler monya: esquisse grammaticale (morphologie et phonologie). — Mbandaka, Institut Supérieur Pédagogique, travail de fin d'études, 87 pp.
- BASTIN, Y. 1978. Les langues bantoues. — In: BARRETEAU, D. (éd.), Inventaire des études linguistiques sur les pays d'Afrique Noire d'expression française et sur Madagascar. Paris, Conseil international de la langue française/Société d'Etudes Linguistiques et Anthropologiques de France (SELAF), pp. 123-185.
- BASTIN, Y., COUPEZ, A. & MANN, M. 1999. Continuity and divergence in the Bantu languages: Perspectives from a lexicostatistic study. — Tervuren, Musée royal de l'Afrique centrale, *Annales*, **162**, 226 pp.
- BOELAERT, E. 1946. Quelques notes sur les Batswa de l'Equateur. — *Æquatoria*, **9**: 58-69, 153-154.
- BOELAERT, E. 1947. Les Bongili. — *Æquatoria*, **10**: 17-34.
- BOELAERT, E. 1949. Nsong'â Lianja: l'épopée nationale des Nkundó. — *Annales Æquatoria*, **12**: 1-75.
- BOKAMBA EYAMBA, G. & MOLINGO, V. 2004. Tósolola Lingála / Let's speak Lingála: A multidimensional approach to the teaching and learning of Lingála as a foreign language. — Madison, National African Language Resource Center Press, 492 pp.
- BOKOLO NGUB'E NSELE, J. A. 2015. Etude morphosyntaxique du lontómbá, langue bantu de zone C (C35). — Kinshasa (manuscrit).
- BOKONGO LIBAKEA, J. M. 2011. Les Ngombe de l'Equateur. Une nouvelle histoire d'un peuple en quête de son identité: stratégies politiques coloniales et mutations sociales. — Kinshasa, Université Pédagogique Nationale, thèse de doctorat.
- BOLESE, F. 1960. Essai historique sur les Lusakani. — *Æquatoria*, **23**: 100-111.
- BONGO, A. 1968. Esquisse de phonologie et de morphologie de la langue nkucu. Dialecte ohendo. — Kinshasa, Université Lovanium, mémoire, 117 pp.
- BONZOI MWAMAKASA, G. 1997. Eléments de phonologie et de morphologie du mbenga (Mankanza). — Mbandaka, Institut Supérieur Pédagogique, travail de fin d'études, 81 pp.
- CALVET, L.-J. C. 1993. La sociolinguistique. — Paris, Presses Universitaires de France, coll. *Que sais-je?*
- CARRINGTON, J. F. 1943. The tonal structure of Kele. — *African Studies*, **4** (2): 193-209.
- CARRINGTON, J. F. 1947. Notes sur la langue olombo. — *Æquatoria*, **10**: 102-113.
- CARRINGTON, J. F. 1959. Notes on Dr Sims's Yalulema Vocabulary. — *African Studies*, **18** (2): 74-78.
- CARRINGTON, J. F. 1972a. Esquisse de grammaire lokele. — Stanleyville (manuscrit).
- CARRINGTON, J. F. 1972b. Coalescing and non-coalescing vowels roots in Lokele (Upper Zaire). — *African Studies*, **31** (3): 203-209.
- CARRINGTON, J. F. 1977. Esquisse morphologique de la langue likile (Haut-Zaïre). — Tervuren, Musée royal de l'Afrique centrale, *Africana Linguistica*, **VII**: 65-87.

- CLIST, B. (s.d) Découvertes archéologiques en République démocratique du Congo. — Kinshasa, Centre culturel français de Kinshasa, Halle de la Gombe/Saint-Maur-des-Fossés, Sepia, *Cahiers scientifiques et techniques*, **1**, 26 pp.
- COLLE, R. 1923. Les Ngombe de l'Equateur. Histoire et migrations. — *Bulletin de la Société Royale de Géographie*, **57**: 141-169.
- COLLE, R. 1924. Les clans Gombe. — *Congo*, **2**: 54-61.
- COQUILHAT, C. 1888. Sur le Haut Congo. — Bruxelles, J. Lebègue et Cie, 357 pp.
- CORDEMAN, E. (A.T.). 1926. Bokongo la Mbelo. — Oshwe (manuscrit).
- CRANE, T. H. M., HYMAN, L. M. & TUKUMU NSIELANGA, S. 2011. A grammar of Nzadi [B865]: A language of Democratic Republic of Congo. — Berkeley, University of Carolina, UC Publications in Linguistics.
- DE BOECK, L. B. 1951. La tonologie des parlers du nord-ouest du Congo. — *Bulletin des Séances Institut royal colonial belge*, **22**: 900-919.
- DEROLEZ, C. 2006. Les Lola. Une tribu Atla (RDC). — *Annales Æquatoria*, **27**: 219-364.
- DE ROP, A. 1958a. Grammaire du *lòmɔngɔ*: phonologie et morphologie. — Léopoldville, Editions de l'Université, 116 pp. + carte.
- DE ROP, A. 1958b. Eléments de phonétique historique du *lòmɔngɔ*. — Léopoldville, Editions de l'Université.
- DE ROP, A. 1960. Les langues du Congo. — Coquilhatville, Editions Æquatoria, 25 pp.
- DE ROP, A. 1963. Introduction à la linguistique bantoue congolaise. — Bruxelles, Mimosa, 61 pp.
- DE ROP, A. 1971. Esquisse de grammaire mbole. — *Orbis*, **20**: 34-78.
- DE ROP, A. 1980. Contribution à l'histoire du petit séminaire de Bokuma. — *Annales Æquatoria*, **12** (1): 137-147.
- DE SAINT MOULIN, L. 1998. Conscience nationale et identités ethniques, contribution à une culture de paix. — *Congo-Afrique*, **330**: 587-630.
- DE SAINT MOULIN, L. & KALOMBO, J. L. 2005. Atlas de l'organisation administrative de la République du Congo. — Kinshasa, Centre d'Etudes Pour l'Action Sociale (CEPAS).
- DE SCHAEZTEN, A. 1950. Les Iyembe du Lac Léopold II. — *Æquatoria*, **13**: 64-66.
- DE THIER, F. M. 1956. Le centre extra-coutumier de Coquilhatville. — Bruxelles, Université Libre de Bruxelles, Institut de Sociologie Solvay, *Etudes Coloniales*, **2**, 143 pp.
- DUKE, J. D. 2001. Aka as contact language: Sociolinguistic and grammatical evidence. — Arlington, MA, University of Texas at Arlington, 171 pp.
- EGGERT, M. K. H. 1980. Aspects de l'ethnohistoire *mɔngɔ*: une vue d'ensemble sur les populations de la rivière Ruki (Région de l'Equateur). — *Annales Æquatoria*, **1**: 149-168.
- ELLINGTON, J. E. 1977. Aspects of the Tiene Language. — Wisconsin-Madison, University of Wisconsin-Madison, PhD thesis, 207 pp.
- EKWAMPOK KA'NDUM, R. 2008. Modes et mécanismes de création lexicale en mbuun (B87). — Kinshasa, Université Pédagogique Nationale, thèse de doctorat, 542 pp.
- FORGES, G. 1977. Le kela: langue bantoue du Zaïre (Zone C). Esquisse phonologique et morphologique. — Paris, Centre national de la Recherche scientifique, *Société d'Etudes Linguistiques et Anthropologiques de France*, **59-60**, 134 pp.
- GAUTON, R. 2000. Locative noun classes in Bantu: The case for recognizing two additional locative nouns class prefixes. — In: WOLF, E. H. & GENSLER, O. D. (Eds.), Proceedings of the 2nd World Congress of African Linguistics (Leipzig, 1997). Köln, Rüdiger Köppe, pp. 525-542.

- GAZANIA, R. 1972. Aspects phonologiques et morphologiques du koyo (langue bantoue de la République Populaire du Congo). — Grenoble, Université de Grenoble, thèse de troisième cycle.
- GERARD (R. P.) 1924. La langue lebéo: grammaire et vocabulaire. — Bruxelles, Vromont et Cie, 223 pp.
- GREENBERG, J. H. 1959. Africa as a Linguistic Area. — In: BASCOM, W. R. & HERSKOVITS, M. J. (Eds.), *Continuity and Change in African Cultures*. Chicago/London, University of Chicago Press, pp. 15-27.
- GREGOIRE, C. 1975. Les locatifs en bantou. — Tervuren, Musée royal de l'Afrique centrale, *Annales Sciences Humaines*, **83**, 370 pp.
- GREGOIRE, C. 1980. Les locatifs en bantou: reconstruction et évolution régionale. — In: BOUQUIAUX, L. (éd.), *Expansion bantoue (actes colloque international CNRS, Viviers (France), 4-16 avril 1977)*. Paris, Société d'Etudes Linguistiques et Anthropologiques de France (SELAF), pp. 511-525.
- GREGOIRE, C. 2003. The Bantu languages of the forest. — In: NURSE, D. & PHILIPPSON, G. (Eds.), *The Bantu Languages*. London/New York, Routledge, pp. 349-370.
- GUTHRIE, M. 1948. The classification of the Bantu languages. — London, Oxford University Press for International African Institute, 91 pp.
- GUTHRIE, M. 1953. The Bantu languages of Western Equatorial Africa. — London, Oxford University Press for International African Institute, 94 pp.
- GUTHRIE, M. 1960. Teke radical structure and Common Bantu. — *African Languages Studies*, **1**: 1-15.
- GUTHRIE, M. 1970. Comparative Bantu: An introduction to the comparative linguistics and prehistory of the Bantu languages. — Farnborough, Gregg, vol. 3, 326 pp.
- HAGENDORENS, J. 1956. Dictionnaire français-otetela. — Tshumbe-Ste-Marie, 386 pp.
- HAZAEI-MASSIEUX, M.-C. 2005. Au sujet de la définition des langues créoles. — *La Linguistique*, **41** (1): 1-17.
- HEIJBOER, B. M. 1946. De Ngombe-stamen der Lulonga. — *Æquatoria*, **9**: 121-134.
- HEIJBOER, B. M. 1947. Esquisse des migrations ngombe depuis le début du XVIII^{ème} siècle. — *Æquatoria*, **10**: 63-69.
- HEINE, B. 2010. On metatypy: What is possible in language contact? — *Estudios Lingüísticos/Linguistic Studies* (Lisboa), **5**: 17-34.
- HENDRIKS, J. 2003. L'enseignement au Congo belge dans le diocèse de Basankusu 1905-1960. Organisé par les Missionnaires de Mill Hill. — *Annales Æquatoria*, **24**: 97-157.
- HOUIS, M. 1971. Anthropologie linguistique de l'Afrique noire. — Paris, Presses Universitaires de France, 232 pp.
- HULSTAERT, G. & BROWN, D. 1940. Ntomba. — *Æquatoria*, **3**: 63.
- HULSTAERT, G. 1941. Over het dialekt der Boyela. — *Æquatoria*, **4** (5-6): 95-98.
- HULSTAERT, G. 1946. Recension de Van der Kerken, L'ethnie mongo (1944). — *Æquatoria*, **9**: 69-76.
- HULSTAERT, G. 1948. Le dialecte des Pygmoïdes Batwsá de l'Equateur. — *Africa*, **18**: 21-28.
- HULSTAERT, G. 1950. Carte linguistique du Congo belge. — Bruxelles, Institut royal colonial belge, *Mémoires*, **XIX** (5), 67 pp. + carte.
- HULSTAERT, G. 1951. Les langues de la cuvette centrale. — *Æquatoria*, **14**: 18-24.
- HULSTAERT, G. 1957a. Bifangéli la belemo békí Baapótulu [Evangiles et actes des Apôtres]. — Coquilhatville, Missionnaires du Sacré-Cœur, 429 pp.
- HULSTAERT, G. 1957b. Proverbes môngo. — Tervuren, Musée royal de l'Afrique centrale, *Annales Sciences de l'Homme, Linguistique*, **15**, 828 pp.

- HULSTAERT, G. 1959. Losako: salutation solennelle des Nkundó. — Bruxelles, Académie royale des Sciences coloniales, *Mémoires*, **XX** (1), 224 pp.
- HULSTAERT, G. 1961a. Grammaire du lómóngo, première partie: phonologie. — Tervuren, Musée royal de l'Afrique centrale, *Annales Sciences Humaines*, **39**, 176 pp. + cartes.
- HULSTAERT, G. 1961b. Sur le parler doko. — *Æquatoria*, **24**: 121-135.
- HULSTAERT, G. 1965. Grammaire du lómóngo, deuxième partie: morphologie. — Tervuren, Musée royal de l'Afrique centrale, *Annales Sciences Humaines*, **57**, 679 pp.
- HULSTAERT, G. 1970. Esquisse du parler des Nkengo. — Tervuren, Musée royal de l'Afrique centrale, *Annales Sciences Humaines*, **66**, 71 pp.
- HULSTAERT, G. 1972. Une lecture critique de l'Ethnie mongo de G. Van der Kerken. — *Etudes d'Histoire Africaine*, **3**: 27-60.
- HULSTAERT, G. 1974a. Sur les dialectes des Bakutu. — *Cultures au Zaïre et en Afrique*, **4**: 3-46.
- HULSTAERT, G. 1974b. A propos des Bangala. — *Zaïre-Afrique*, **83**: 173-185.
- HULSTAERT, G. 1975. Der zentrale Teil. — In: BAUMANN (Ed.), *Die Völker Afrikas und ihre Traditionellen Kulturen*. Teil I: Allgemeiner Teil und Südliches Afrika. Wiesbaden, Franz Steiner Verlag, pp. 722-746.
- HULSTAERT, G. 1978a. Notes sur la langue des Bafoto. — *Anthropos*, **73**: 113-132.
- HULSTAERT, G. 1978b. Témoignages sur la dialectologie mongo. — *Bulletin des Séances Académie royale des Sciences d'Outre-Mer*, **39**: 357-371.
- HULSTAERT, G. 1979. Influence du français en lómóngo. — *Bulletin des Séances Académie royale des Sciences d'Outre-Mer*, **4**: 601-613.
- HULSTAERT, G. 1980. Un cas de postposition chez les Mongo. — Tervuren, Musée royal de l'Afrique centrale, *Africana Linguistica*, **VIII**: 137-198.
- HULSTAERT, G. 1982a. Esquisse de la langue des Eleku (Rép. Zaïre). — Bandundu, Centre d'Etudes ethnologiques de Bandundu, *Publications du CEEBA, Série III*, **7**, 69 pp.
- HULSTAERT, G. 1982b. Petite monographie des Bondombe. — *Annales Æquatoria*, **3**: 7-106.
- HULSTAERT, G. 1984a. La langue des Mpama. — *Annales Æquatoria*, **5**: 5-32.
- HULSTAERT, G. 1984b. Les parlers des Emoma, Mpongo et Nkole: esquisse linguistique des Bóójí (Rép. du Zaïre). — Bandundu, Centre d'Etudes ethnologiques de Bandundu, *Publications du CEEBA, Série III*, **12**, 132 pp.
- HULSTAERT, G. 1984c. Eléments pour l'histoire môngo ancienne. — Bruxelles, Académie royale des Sciences d'Outre-Mer, *Mémoires*, N.S., **XLVIII** (2), 83 pp. + carte.
- HULSTAERT, G. 1984d. Les parlers Losíkóngó (Rép. du Zaïre). — Bandundu, Centre d'Etudes Ethnologiques de Bandundu, *Publications du CEEBA, Série III*, **10**, 87 pp.
- HULSTAERT, G. 1986a. Aux origines de Mbandaka. — *Annales Æquatoria*, **7**: 75-147.
- HULSTAERT, G. 1986b. Encore Bondombe. — *Annales Æquatoria*, **7**: 195-219.
- HULSTAERT, G. 1987. Complément au dictionnaire lómóngo-français. — Mbandaka, Centre Æquatoria, *Etudes*, **II**, 463 pp.
- HULSTAERT, G. 1988. Le parler des Lokalo orientaux. — *Annales Æquatoria*, **9**: 133-171.
- HULSTAERT, G. 1989. Orientations pour la recherche future chez les Môngo. — In: VINCK, H. (éd.), *Africanistique au Zaïre (actes colloque Centre Æquatoria, Bamanya, Mbandaka, 10-13 octobre 1989)*. *Etudes*, **7**: 41-48.
- HULSTAERT, G. 1992a. Linguistique et histoire des Môngo. — *Annales Æquatoria*, **13**: 53-66.

- HULSTAERT, G. 1992b. Onomastique mǒngɔ. — *Annales Æquatoria*, **13**: 161-275.
- HULSTAERT, G. 1993a. Le dialecte des Losakani. — *Annales Æquatoria*, **14**: 15-38.
- HULSTAERT, G. 1993b. Les préfixes li- et bi- dans les dialectes mǒngɔ. — *Annales Æquatoria*, **14**: 306-321.
- HULSTAERT, G. 1993c. Le dialecte des Bosaka-Nkɔle. — *Annales Æquatoria*, **14**: 88-127.
- HULSTAERT, G. 1993d. Les dialectes des Ntomb'â Nkɔle. — *Annales Æquatoria*, **14**: 178-199.
- HULSTAERT, G. 1993e. Les interrogatifs dans les dialectes mǒngɔ. — *Annales Æquatoria*, **14**: 345-377.
- HULSTAERT, G. 1993f. Sur le parler des Bɔlɔngɔ. — *Annales Æquatoria*, **14**: 287-305.
- HULSTAERT, G. 1994. La venue des Ntomba et Bolenge. — *Annales Æquatoria*, **15**: 51-58.
- HULSTAERT, G. 1999. Eléments de dialectologie mǒngɔ. — *Annales Æquatoria*, **20**: 9-323.
- HULSTAERT, G. 2001. Eléments pour la dialectologie mǒngɔ. II: lexique. — *Annales Æquatoria*, **22**: 225-262.
- HULSTAERT, G. 2007. Eléments pour la dialectologie mǒngɔ, suite et fin: formes relatives et particules. — *Annales Æquatoria*, **28**: 201-332.
- HULSTAERT, G. & GOEMAERE, A. 1984. Grammaire du lɔndɛngɛsɛ. — Bandundu, Centre d'Etudes ethnologiques de Bandundu, *Publications du CEEBA, Série III*, **13**, 90 pp.
- HYMAN, L. 2007. Reconstructing the Proto-Bantu verbal unit: Internal evidence. — *SOAS Working Papers in Linguistics*, **15**: 201-211.
- HYMES, D. (Ed.) 1971. Pidginization and Creolization of Languages. — Cambridge, Cambridge University Press, 540 pp.
- ISEKOLONGO, M. 1960. Note historique sur les Nsamba. — *Æquatoria*, **23**: 7.
- JACOBS, J. 1959. Tetela-teksten. — Tervuren, Musée royal du Congo belge, *Annales Sciences de l'Homme*, **20**, 104 pp.
- JACOBS, J. 2000. Classes verbales et nominaux en lombole (Katoko-Kombe), Sankuru, Kasai Oriental. — *Annales Æquatoria*, **21**: 69-82.
- JACQUOT, A. 1959. La langue des Pygmées de la Sangha. Essai d'identification. — *Bulletin de l'IECA*, **17/18**: 35-42.
- JACQUOT, A. & RICHARDSON, I. 1956. Report of the Western team: Atlantic coast to Oubangui. — *In: Linguistic survey of the northern Bantu borderland*. London/New York/Toronto, Oxford University Press for International African Institute, vol. 1, pp. 9-62.
- JANSON, T. 2007. Bantu spirantisation as an areal change. — *Africana Linguistica*, **13**: 79-116.
- JOHNSTON, H. H. 1908. George Grenfell and the Congo: History and description of the Congo Independent State and adjoining districts of Congoland. — London, Hutchinson & Co.
- KANIMBA MISAGO 1995. Les Elinga de la Ruki. — *Annales Æquatoria*, **16**: 229-257.
- KATAMBA, F. R. & HYMAN, L. 1991. Nasality and morpheme structure constraints in Luganda. — *In: KATAMBA, F. R. (Ed.), Lacustrine Bantu Phonology*. Köln, University of Cologne, *Afrikanistische Arbeitspapiere*, **25**: 175-211.
- KAWATA ATHEM TEM 2004. Bagó – Dictionnaire. Lingala/Falásé. Falásé/Lingala. — Paris, Karthala, 554 pp.
- KNAPPERT, J. 1958. De bronnen van het Lingala. — *Congo-Overzee*, **12**: 193-202.

- KORSE, P., MONDJULU LOKONGA & BONGONDO BONJE 1990. Jebola: textes, rites et signification. Thérapie traditionnelle môngo. — Bamanya-Mbandaka, Centre *Æquatoria*, *Etudes*, **6**, 135 pp.
- KUPER, A. & VAN LEYNSEELE, P. 1980. L'anthropologie sociale et l'«expansion bantoue». — *In*: BOUQUIAUX, L. (éd.), *Expansion bantoue* (actes colloque international CNRS, Viviers (France), 4-16 avril 1977). Paris, Société d'Etudes Linguistiques et Anthropologiques de France (SELAF), pp. 748-791.
- KUTSCH LOJENGA, C. 2003. Bila. — *In*: NURSE, D. & PHILIPPSON, G. (Eds.), *The Bantu languages*. London/New York, Routledge, pp. 450-474.
- LABAERE, R. 1994. Grammaire de la langue tetela, Bantu C71 (72-73). — Wezembeek-Oppem, P. Passionnistes, 350 pp. (2^e éd.).
- LABOV, W. 1976. Sociolinguistique. — Paris, Editions de Minuit, 463 pp.
- LE ROY, A. [Mgr] 1905. Les Pygmées: négrilles d'Afrique et negritos d'Asie. — Tours, Maison Mame et Fils.
- LEWIS, M. P., SIMONS, G. F. & FENNIG, C. H. D. (Eds.) 2014. *Ethnologue: Languages of the World*. — Dallas (Texas), SIL International (7th ed.). Online version: <http://www.ethnologue.com>
- LONKAMA EKONYO BANDENGO 1990. Eléments pour une ethno-histoire de Basankusu (Equateur, Zaïre), en marge d'un centenaire (1890-1990). — *Annales Æquatoria*, **11**: 365-408.
- LOOTENS, P. 1980. Vocabulaire comparé de noms d'animaux: lonkundo, lotoa, lolumbe, lokonda. — *Annales Æquatoria*, **1** (2): 449-465.
- MAES, V. 1984. Les peuples de l'Ubangi: notes ethno-historiques. — Kinshasa, Pères O.F.M. Capucins.
- MAMET, M. 1955. La langue ntomba telle qu'elle est parlée au Lac Tumba et dans la région avoisinante (Afrique Centrale). — Tervuren, Musée royal du Congo belge, *Annales Sciences Humaines*, **11**, 377 pp.
- MANESSY, G. 1979. Pidginisation, créolisation, evolution des langues. — *Sprache und Geschichte in Afrika*, **1**: 55-57.
- MANESSY, G. 1995. Créoles, pidgins, variétés véhiculaires. Procès et genèse. — Paris, Editions du CNRS.
- MATANGILA MUSADILA, L. (dir.) 2007. Le paradoxe politique: une réalité pour la diversité culturelle au Congo-Kinshasa. Le cas des ethnies de la province de Bandundu. — Paris, L'Harmattan, Espace Kinshasa.
- MBUDU ENGBOLO, V. de P. 1993. L'épopée Injola des Doko de Lisala. Essai d'une analyse structurale et thématique. — Mbandaka, Institut Supérieur Pédagogique, travail de fin d'études, 55 pp.
- MCWHORTHER, J. 1995. The scarcity of Spanish-based creoles explained. — *Language in Society*, **34**: 213-244.
- MEEUSSEN, A. E. 1952. Esquisse de la langue ombo (Maniema – Congo belge). — Tervuren, Musée royal du Congo belge, *Annales Sciences de l'Homme*, **4**, 46 pp.
- MEEUSSEN, A. E. 1980. Exposé sur l'expansion bantoue. — *In*: BOUQUIAUX, L. (éd.), *Expansion bantoue* (actes colloque international CNRS, Viviers (France), 4-16 avril 1977). Paris, Société d'Etudes Linguistiques et Anthropologiques de France (SELAF), pp. 595-606.
- MOBEBE LEKENI, P. H. 2012. Devinettes ngombe-fofo. — *Cahiers Congolais de Linguistique et d'Ethnologie*, **1** (1): 105-115.
- MOELLER, A. 1936. Les grandes lignes des migrations des Bantous de la Province Orientale du Congo Belge. — Bruxelles, Institut royal colonial belge, *Mémoires*, **VI**, 578 pp. + cartes

- MOHLIG, W. J. D. 1981. Stratification in the history of the Bantu languages. — *Sprache und Geschichte in Afrika*, **3**: 251-316.
- MONSE IKAMBA ANGYA 1987. Eléments de grammaire sakata (BC34) (parler de Mongombe) (Rép. du Zaïre). — Bandundu, Centre d'Etudes ethnologiques de Bandundu, *Publications du CEEBA, Série III*, **15**, 133 pp.
- MOTINGEA MANGULU, A. 1988. Eléments de grammaire lingombè. — Bamanya-Mbandaka, Centre *Æquatoria*, *Etudes*, **3**, 88 pp.
- MOTINGEA MANGULU, A. 1989. Notes sur le parler des Bapótó Móngo de Lisala. — *Afrikanistische Arbeitspapiere*, **17**: 5-32.
- MOTINGEA MANGULU, A. 1990a. Parlers riverains de l'entre-Ubangi-Zaïre: éléments de structure grammaticale. — Bamanya-Mbandaka, Centre *Æquatoria*, *Etudes*, **8**, 283 pp.
- MOTINGEA MANGULU, A. 1990b. Esquisse du parler des Ohendo. — *Annales Æquatoria*, **11**: 115-152.
- MOTINGEA MANGULU, A. 1991. Notes mabémbé (bantou C.30). — *Frankfurter Blätter*, **3**: 14-33.
- MOTINGEA MANGULU, A. 1993. Esquisse du parler des Yakata (Rép. du Zaïre). — *Afrika und Übersee*, **76**: 209-246.
- MOTINGEA MANGULU, A. 1994a. Esquisse de la langue des Elinga. Le parler de Losélinga. — *Annales Æquatoria*, **15**: 293-340.
- MOTINGEA MANGULU, A. 1994b. Notes sur le parler des Pygmées d'Itendo (Zone de Kiri/Maindombe). — *Annales Æquatoria*, **15**: 341-382.
- MOTINGEA MANGULU, A. 1996a. Etude comparative des langues ngiri de l'entre-Ubangi-Zaïre. — Leiden, Research School CNWS, *CNWS Publications*, **43**, 280 pp.
- MOTINGEA MANGULU, A. 1996b. Eléments de grammaire mabale (Bantou C.30). — *Afrika und Übersee*, **79**: 203-258.
- MOTINGEA MANGULU, A. 1996c. Le lingala du Pool Malebo: éléments de structure phonologique et morphologique. — *Afrikanistische Arbeitspapiere*, **46**: 55-117.
- MOTINGEA MANGULU, A. 1999. Notes mbiliakamba (Lokenye). — *Afrikanistische Arbeitspapiere*, **59**: 5-50.
- MOTINGEA MANGULU, A. 2001-2002. Situation actuelle des parlers minoritaires au nord-ouest du Congo. — *Bulletin of the International Committee on the Urgent Anthropological and Ethnological Research*, **41**: 147-154.
- MOTINGEA MANGULU, A. 2002a. Aspects du boloki de Monsembe, le ngala de W. H. Stapleton (Moyen Congo). — *Annales Æquatoria*, **23**: 285-328.
- MOTINGEA MANGULU, A. 2002b. Notes sur le parler des Bokala-Nkole (Territoire de Yahuma – RDC). — *Afrikanistische Arbeitspapiere*, **70**: 5-53.
- MOTINGEA MANGULU, A. 2003. Mbandaka-Coquilhatville (1883-2002), échec d'un plan de développement exogène: une lecture par la chanson populaire. — *Annales Æquatoria*, **24**: 179-204.
- MOTINGEA MANGULU, A. 2004a. Divergences en dialectes tiene: origine disparate ou perte séparée d'identité linguistique? — *Annales Æquatoria*, **25**: 151-202.
- MOTINGEA MANGULU, A. 2004b. La langue tiene, petite unité du bantou B80. — *Journal of Asian and African Studies* (Tokyo), **67**: 105-150.
- MOTINGEA MANGULU, A. 2004c. Notes de grammaire et textes poto sur la base de Stapleton 1903. — *Annales Æquatoria*, **25**: 203-271.
- MOTINGEA MANGULU, A. 2006. Le lokonda des Bosanga du lac Tumba (RDC). — *Annales Æquatoria*, **27**: 381-465.
- MOTINGEA MANGULU, A. 2007. Minorités linguistiques au programme du Centre *Æquatoria*. — *Annales Æquatoria*, **28**: 439-455.

- MOTINGEA MANGULU, A. 2008a. Aspects du bongili de la Sangha-Likouala, suivis de l'esquisse du parler énga de Mampoko, Lulonga. — Tokyo, Research Institute for Languages and Cultures of Asia and Africa, *ILCAA Language Monograph Series*, **4**, xii + 107 pp.
- MOTINGEA MANGULU, A. 2008b. Esquisse du parler Mongo-Liinja d'Opala. — *Annales Æquatoria*, **29**: 216-364.
- MOTINGEA MANGULU, A. 2009. Le réseau fluvial congolais et la problématique de l'expansion bantoue. — *Annales Æquatoria*, **30**: 839-988.
- MOTINGEA MANGULU, A. 2010. Aspects des parlers minoritaires des Lacs Tumba et Inongo. Contribution à l'histoire de contact des langues dans le bassin central congolais. — Tokyo, Research Institute for Languages and Cultures of Asia and Africa, *ILCAA Language Monograph Series*, **5**, xiv + 251 pp.
- MOTINGEA MANGULU, A. 2012. Contributions aux études linguistiques sur le haut Congo. — Tokyo, Research Institute for Languages and Cultures of Asia and Africa, *ILCAA Language Monograph Series*, **6**, xvii + 266 pp.
- MOTINGEA MANGULU, A. 2014. Le nom individuel chez les Ngõmbe de l'Equateur Congolais: étude sociolinguistique et sociohistorique. — Tokyo, Research Institute for Languages and Cultures of Asia and Africa, *ILCAA Language Monograph Series*, **7**, xiii + 285 pp.
- MOTINGEA MANGULU, A. 2015a. Mõngõ et apparentés. Essai de linguistique historique et aréale sur le groupe ethnique le plus important du bassin central congolais. — Kinshasa (manuscrit).
- MOTINGEA MANGULU, A. 2015b. Le bolóki de Bolõmbõ. Un cas de préservation parmi les parlers minoritaires du moyen Congo. — Kinshasa (manuscrit).
- MOTINGEA MANGULU, A. 2015c. Le parler bolóki de Bõsõsõ. Un cas extrême de « monoglossation dans le bassin central congolais — Kinshasa (manuscrit).
- MOTINGEA MANGULU, A. 2015d. Cinq spécimens des parlers minoritaires de la haute Tshuapa. — Kinshasa (manuscrit).
- MOTINGEA MANGULU, A. & BIAKO MOTANGA, B. 2015. Notes sur les parlers mýyé du moyen Congo. — Kinshasa, 78 pp. (manuscrit).
- MOTINGEA MANGULU, A. & BONZOI MWAMAKASA 2008. Aux sources du lingála: cas du mbenga de Mankanza – Nouvelle Anvers. — Kyoto, Center for African Area Studies, *African Study Monographs (Suppl.)*, **38**, 93 pp.
- MUFWENE, S. S. 2003. Contact Languages in the Bantu Area. — In: DEREK, N. & PHILIPPSON, G. (Eds.), *The Bantu languages*. London/New York, Routledge, pp. 195-208.
- MUMBANZA MWA BAWELE 1973. Y a-t-il des Bangala? Origine et extension du terme. — *Zaire-Afrique*, **78**: 471-483.
- MUMBANZA MWA BAWELE 1974a. Les Bangala du Fleuve sont-ils apparentés aux Mongo? — *Zaire-Afrique*, **90**: 625-652.
- MUMBANZA MWA BAWELE 1974b. Les Mangala et les Bangala. — *Likundoli* (Lubumbashi), **2**: 129-149.
- MUMBANZA MWA BAWELE 1978. Les Ngombe de l'Equateur: historique d'une identité. — *Zaire-Afrique*, **124**: 229-249.
- MUMBANZA MWA BAWELE 1997. La pirogue dans l'ouest du bassin du Congo au milieu du 19ème siècle. Contribution à l'histoire de la navigation en Afrique précoloniale. — *Annales Æquatoria*, **18**: 239-298.
- MUMBANZA MWA BAWELE 2008. Colonialisme et identité «Bangala» en Afrique Centrale. — In: BARHU ZEWEDE (Ed.), *Society, State, and Identity in African History*. Addis Abeba, Forum for Social Studies (FSS), pp. 87-104.

- NDAYWEL E NZIEM, I. 1998. Histoire générale du Congo: de l'héritage ancien à la République Démocratique (préface de T. H. Obenga et postface de P. Salmon). — Paris-Bruxelles, De Boeck et Larcier.
- NICOLAI, R. 2001. Linéament. — *In*: NICOLAI, R. (éd.), *Leçons d'Afrique: filiations, ruptures et reconstructions des langues. Un hommage à Gabriel Manessy*. Paris, Peeters, pp. 21-39.
- NICOLAI, R. 2012. Du contact entre les langues au clivage dans la langue. Vers une anthropologie renouvelée. — *Journal of Language Contact*, **5**: 279-317.
- NOORDMAN, H. 1944. De Ngombè van Lulonga, Ikelemba en Lopori. — *Æquatoria*, **7**: 113-116.
- NURSE, D. 2000. Inheritance, Contact, and change in two East African languages. — Köln, Rüdiger Köppe, *Sprachkontakt in Afrika – Language Contact in Africa*, **4**, 277 pp.
- NURSE, D. 2007. Did the Proto-Bantu verb have a synthetic or an analytic structure? — *SOAS Working Papers in Linguistics*, **15**: 239-256.
- NURSE, D. & PHILIPPSON, G. (Eds.) 2003. *The Bantu Languages*. — London/New York, Routledge, 708 pp.
- PHILIPPE, R. 1954a. Le mariage chez les Ntomb'e Njale du lac Léopold II. — *Æquatoria*, **17**: 81-108, 129-153.
- PHILIPPE, R. 1954b. Notes sur le régime foncier au lac Léopold II. — *Æquatoria*, **17**: 51-57.
- PHILIPPSON, G. (s.d.) Evolution des systèmes prosodiques dans les langues bantu: de la typologie à la diachronie. — Paris, INALCO; Lyon, U.M.R. Dynamique du Langage, 11 pp. (manuscrit).
- PICAVET, R. 1947. Het Dialekt der Batswa. — *Æquatoria*, **10**: 137-141.
- PIRET, B. 2014. La répression de la sorcellerie au Congo belge. Approche législative et judiciaire. — *In*: *Central Africa & Belgium. Current Perspectives on the Colonial Period* (Gand, colloque, 17.11.2014).
- POPPE, F. 1940. Les Elëku de la moyenne Tshuapa. — *Æquatoria*, **3**: 114-115.
- PRICE, E. W. 1947. Ngombe grammar. — London, School of Oriental and African Studies.
- RAHARIMANANTSOA, R. 2012. Processes of vowel change due to second consonant loss in Boma-Nzikou (Bantu B74). — *In*: *42nd Colloquium on African Languages and Linguistics* (Leiden, 27.08.2012).
- ROMBAUTS, H. 1945. Les Ekonda. — *Æquatoria*, **8**: 122-127.
- ROMBAUTS, H. 1946. Ekonda e Mputela. — *Æquatoria*, **9**: 138-152.
- ROMBI, M. F. R. 1994. Emprunts bantu chez les Gbanzili riverains de l'Oubangui. — *In*: GEIDER, T. H. & KASTENHOLZ, R. (Eds.), *Sprachen und Sprachzeugnisse in Afrika: eine Sammlung philologischer Beiträge Wilhelm J.G. Möhlig zum 60. Geburtstag zugeeignet*. Köln, Rüdiger Köppe, pp. 325-342.
- ROOD, N. 1958. Dictionnaire ngombe-néerlandais-français. — Tervuren, Musée royal colonial belge, *Annales Sciences Humaines*, **21**, 414 pp.
- ROOD, N. 1962. Lidoko et mowea. — *Æquatoria*, **25**: 125-139.
- ROSS, M. 2003. Diagnosing prehistory language contact. — *In*: HICKEY, R. (Ed.), *Motives for language change*. Cambridge, Cambridge University Press, pp. 174-198.
- ROSS, M. 2007. Calquing and metatypy. — *Journal of Language Contact – Thema*, **1**: 116-143.
- ROTTLAND, F. R. 1970. Die verbformen des Yanzi. — Leiden, RijksUniversiteit te Leiden, PhD thesis.
- SAMARIN, W. J. 1979. Simplification, pidginization, and language change. — *Readings in Creole Studies*, **14**: 55-68.

- SCHADEBERG, T. H. C. 1979. Développements récents en matière de classification des langues bantoues. — *In*: BOUQUIAUX, L. (éd.), *Multilinguisme dans les domaines bantou du nord-ouest et tchadique: le point de la question en 1977*. Paris, SELAF, *LACITO – Document Afrique*, **III**, p. 13.
- SCHADEBERG, T. H. C. 2003. Historical linguistics. — *In*: NURSE, D. & PHILIPPSON, G. (Eds.), *The Bantu Languages*. London/New York, Routledge, pp. 143-163.
- SCHADEBERG, T. H. C. 2005. Recension de Yvonne Bastin *et al.* 1999. Continuity and Divergence in the Bantu Languages. — *Journal of African Languages and Linguistics*, **26** (1): 111-115.
- SCHEBESTA, P. 1952. Les Pygmées du Congo belge (traduit de l'allemand par H. Plard). — Bruxelles, Institut royal colonial belge, *Mémoires*, **XXVI** (2), 432 pp. + carte et planches.
- STAPPERS, L. 1973. Esquisse de la langue mituku. — Tervuren, Musée royal de l'Afrique centrale, *Annales Sciences Humaines*, **80**, 91 pp.
- STOOP, H. 1984 [1987]. Vers une grammaire sogo. — Wenge-Zaïre, 228 pp. (manuscrit).
- STOOP, H. 1988. Petit lexique sogo-linga. — Wenge, 112 pp. (manuscrit).
- STOOP, H. 1989a. Le connectif du sogo (C53). — *Annales Æquatoria*, **10**: 117-125.
- STOOP, H. 1989b. Les préfixes du sogo (C53). — *Annales Æquatoria*, **10**: 127-140.
- SULZMANN, E. 1980. Ein Jagdbericht im Dialekt der Batwa von Ebungu (Ekonda). — *Annales Æquatoria*, **1** (1-2): 467-476.
- SULZMANN, E. 1983. Orale Tradition und Chronologie. Der Fall Baboma-Bolia. — *In*: FAIK-NZUJI MADIYA, C. L. & SULZMANN, E. (Eds.), *Mélanges de culture et de linguistique africaines publiés à la mémoire de Leo Stappers*. Berlin, Dietrich Reimer, *Mainzer Afrika-Studien*, **5**: 525-586.
- SULZMANN, E. 1985. La soumission des Ekonda par les Bombomba. — *Annales Æquatoria*, **6**: 1-17.
- TANGHE, B. 1939. Ngɔmbɛ en Nyi in Ubangi. — *Æquatoria*, **2**: 13-17.
- TANGHE, J. 1929-30. Mabale Stories. — *Bulletin of the School of Oriental Studies*, **5** (1929): 359-378, 571-586; **6** (1930): 701-714.
- TANGHE, J. 1930. Le lingala, la langue du Fleuve. — *Congo*, **9**: 341-358.
- TANGHE, J. 1951-55. Mabale Stories. — *Kongo-Overzee*, **17** (1951): 369-372; **18** (1952): 305-307; **19** (1953): 146-148; **20** (1954): 265-266; **21** (1955): 298-299.
- Tiker Tiker 1992. Zaïre. Recensement scientifique de la population – Juillet 1984 – Totaux définitifs. Groupements/Quartiers: Kinshasa, Bas-Zaïre, Equateur, Haut-Zaïre. — Kinshasa, Institut national de la Statistique (vol. 1).
- THOMAS, J. M. C. & BAHUCHET, S. 1991. Encyclopédie des Pygmées Aka. Techniques, langage et société des chasseurs-cueilleurs de la forêt centrafricaine (Sud-Centrafrrique et Nord-Congo). — Paris, Peeters, *SELAF-Tradition Orale 50, Etudes Pygmées*, **IV**, 175 pp.
- TSURU, D. 1998. Diversity of ritual spirit performances among the Baka Pygmies in Southeastern Cameroon. — *African Study Monographs (Suppl.)*, **25**: 47-84.
- TWILINGINYIMANA, C. H. R. 1984. Eléments de description du doko. — Tervuren, Musée royal de l'Afrique centrale, *Annales Sciences Humaines*, **116**, 109 pp.
- Unesco 2003. Vitalité et disparition des langues. — Paris, Organisation des Nations Unies pour l'Education, la Science et la Culture, Section du patrimoine immatériel, Division du patrimoine culturel, 24 pp.
- VAN BULCK, G. 1948. Les recherches linguistiques au Congo Belge: résultats acquis, nouvelles enquêtes à entreprendre. — Bruxelles, Institut royal colonial belge, *Mémoires*, **XVI**, 767 pp. + carte.

- VAN BULCK, G. 1949. Manuel de linguistique bantoue. — Bruxelles, Institut royal colonial belge, *Mémoires*, **XVII** (3), 323 pp. + carte.
- VAN BULCK, G. & HACKETT, P. E. 1956. Report of the eastern team: Oubangui to Nile. — *In*: Linguistic Survey of the Northern Bantu Borderland (vol. 1). London, Oxford University Press for International Africa Institute, pp. 63-122.
- VAN DER KERKEN, G. 1944. L'Ethnie Mongo. — Bruxelles, Institut royal colonial belge, *Mémoires*, **XIII**, 1142 pp. + cartes et planches.
- VAN DER VEEN, L. 2003. The B30 language group. — *In*: DEREK, N. & PHILIPPSON, G. (Eds.), The Bantu languages. London/New York, Routledge, pp. 371-391.
- VAN EVERBROECK, N. 1961. M'bomb'ipoku, le seigneur de l'abîme: histoire, croyances, organisation clanique, politique, judiciaire, vie familiale des Bolia, Sengélé et Ntomb'e njalé. — Tervuren, Musée royal de l'Afrique centrale, *Archives d'Anthropologie*, **3**, 310 pp.
- VAN EVERBROECK, N. 1974. Ekond'e Mputela. Histoire, croyances, organisation clanique, politique, sociale et familiale des Ekonda et leurs Batoa. — Tervuren, Musée royal de l'Afrique centrale, *Archives d'Anthropologie*, **21**, 306 pp.
- VAN LEYNSEELE, H. 1976-77. An outline of Libinza grammar. — Leiden, Leiden University, MA.
- VANHOUTEGHEM, A. 1947. Overzicht van de Bantu-dialekten van het District Lisala. — *Æquatoria*, **10**: 41-50.
- VANGROENWEGHE, D. 1986. Charles Lemaire à l'Équateur: son journal inédit, 1891-1893. — *Annales Æquatoria*, **7**: 7-73.
- VANGROENWEGHE, D. 1988. Bobongo: la grande fête des Ekonda (Zaïre) — Berlin, Reimer, *Mainzer Afrika Studien*, **9**, 332 pp.
- VANSINA, J. 1959. Esquisse de grammaire bushong. — Tervuren, Musée royal de l'Afrique centrale, *Annales Sciences de l'Homme, Linguistique*, **23**, 109 pp.
- VANSINA, J. 1986. Do Pygmies have a history? — *Sprache und Geschichte in Afrika*, **7** (1): 431-445.
- VANSINA, J. 1987. Vers une histoire des sociétés môngɔ. — *Annales Æquatoria*, **8**: 9-57.
- VANSINA, J. 1991. Sur les sentiers du passé en forêt. Cheminements de la tradition politique de l'Afrique Centrale (traduit de l'anglais par M. Treslin). — Louvain-la-Neuve, Centre d'Histoire d'Afrique; Mbandaka, Æquatoria, Centre de recherches culturelles africanistes, *Enquêtes et Documents d'Histoire Africaine*, **9**, xv + 407 pp.
- VANSINA, J. 1995. New Linguistic Evidence and the Bantu Expansion. — *Journal of African History*, **36**: 173-195.
- VERDCOURT, A. 1943. Organisation coutumière des juridictions indigènes dans le territoire de Bomboma. — *Bulletin des Juridictions Indigènes et du Droit Coutumier Congolais*, **11** (1): 11-29.
- VINCK, H. 1984. Dialectologie môngɔ: état de la question — *Annales Æquatoria*, **5**: 161-172.
- VINCK, H. 1998a. Théories racistes dans les livrets scolaires du Congo Belge. — *Revue Africaine de Théologie*, **43**: 104-114.
- VINCK, H. 1998b. Manuels scolaires coloniaux: un florilège. — *Annales Æquatoria*, **19**: 3-166.
- VINCK, H. 2000. John Weeks, missionnaire BMS à l'Équateur du Congo. — *Annales Æquatoria*, **21**: 213-223.
- VINCK, H. (s.d.) Pour un programme de renouveau de l'étude et de la connaissance pratique du lomongo (manuscrit).

- WALLE SOMBO BOLENE 1990. Les migrations des peuples du Bas-Lomami (Haut-Zaïre) du 17^e au 18^e siècle. — *Annales Æquatoria*, **11**: 9-45.
- WEEKS, J. H. 1894. Mabanza ma Monsembe. — Bolobo, Baptist Missionary Society.
- WELMERS, W. E. 1973. African Languages Structures. — Berkeley/Los Angeles/London, University of California Press.
- WHITEHEAD, J. 1899. Grammar and dictionary of the Bobangi language as spoken over a part of the Upper Congo. — London, Baptist Missionary Society and Kegan Paul.
- WIJNANT, D. 1925a. Het Doko volk. — *Congo*, **7** (1): 206-215.
- WIJNANT, D. 1925b. De Doko's. — *Congo*, **7** (2): 410-426.
- WOTZKA, H.-P. 1995. Studien zur Archäologie des zentralafrikanischen Zaïre-Beckens und ihre Stellung im Kontext der Bantu-expansion. — Köln, Heinrich-Barth Institut, *Praehistorica*, **6**, 582 pp.
- YONEDA, N. 2010. «Swahilization» of ethnic languages in Tanzania. The case of Matengo. — *African Study Monograph*, **31** (3): 139-148.
- ZIERVOGEL, D. 1971. The Bantu locative. — *African Studies*, **30**: 371-383.

Classe des Sciences naturelles et médicales

Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen

La pollution de l'air intérieur par des biomasses et les maladies pulmonaires chroniques: l'exemple du Vietnam*

par

Olivier MICHEL**

MOTS-CLES. — Maladies respiratoires chroniques; Fumées d'habitation; Biomasses; Vietnam.

RESUME. — Selon l'OMS, plus d'un milliard d'habitants sont touchés par des maladies respiratoires chroniques (MRC), responsables de 8% de la mortalité annuelle mondiale. Au Vietnam, des combustibles solides (charbon, bois, bouses) ou du kérozène sont fréquemment utilisés pour les feux de cuisson ou de chauffage. L'exposition à ces fumées, avant l'âge de deux ans, est associée à un risque élevé d'infections respiratoires sévères et, à l'âge adulte, à un risque de MRC non tabagiques. S'ajoutent à ce risque environnemental le tabagisme (60% des hommes), la pollution atmosphérique, l'exposition aux allergènes, des polluants professionnels et les séquelles de tuberculose. Ce document, aperçu d'un projet fondé sur une coopération interuniversitaire entamée fin 2012, a pour but d'identifier les facteurs de risque de MRC, liés à la pollution de l'habitat, et de proposer des mesures de remédiation.

TREFWOORDEN. — Chronische aandoeningen van de luchtwegen; Indoorrook; Biomassa's; Vietnam.

SAMENVATTING. — *Indoor luchtverontreiniging door biomassa's en chronische aandoeningen van de luchtwegen: het voorbeeld van Vietnam.* — Volgens de WGO lijden meer dan een miljard mensen aan een chronische aandoening van de luchtwegen (CAL), jaarlijks verantwoordelijk voor 8% van de sterfgevallen wereldwijd. In Vietnam worden vaak vaste brandstoffen (steenkool, hout, mest) of kerosine gebruikt voor het koken of verwarmen. Blootstelling aan deze rook vóór de leeftijd van twee jaar wordt geassocieerd met een verhoogd risico op ernstige infecties van de luchtwegen en, op volwassen leeftijd, met een verhoogd risico op niet-tabakgebonden chronische aandoeningen van de luchtwegen. Bovenop dit milieurisico komen nog rookverslaving (60% van de mannen), luchtverontreiniging, blootstelling aan allergenen, professionele verontreinigende stoffen en naweën van tuberculose. Dit document geeft een overzicht van een project dat gebaseerd is op een interuniversitaire samenwerking die in het najaar van 2012 begon en tot doel heeft de aan habitatverontreiniging gerelateerde risicofactoren van aandoeningen van de luchtwegen te identificeren en maatregelen voor te stellen om hieraan te verhelpen.

* Communication présentée à la séance commune des trois Classes tenue le 12 juin 2014. Texte reçu le 14 novembre 2014, soumis à *peer-review*. Version définitive, approuvée par les *reviewers*, reçue le 25 juin 2015.

** Clinique d'Immunoallergologie, CHU Brugmann, CP 403/16, place Van Gehuchten 4, B-1020 Bruxelles (Belgique).

KEYWORDS. — Chronic Respiratory Diseases; Indoor Smoke; Biomass; Vietnam.

SUMMARY. — *Indoor Pollution by Biomass and Chronic Respiratory Diseases: The Case of Vietnam.* — According to WHO more than one billion people are affected by chronic respiratory diseases (CRD), which are responsible for 8% of the annual global mortality. In Vietnam, solid fuels (coal, wood, dung) or kerosene are frequently used for cooking fires or heating. Smoke exposure before the age of 2 is associated with a high risk of acute respiratory infections, and in adulthood, with a risk of non-smoking CRD. Additional risk factors are smoking (60% of men), outdoor pollution, exposure to allergens, occupational agents and sequelae of tuberculosis. This paper is the summary of a project, based on interuniversity partnership, starting late 2012, which aims to identify the risk factors for CRD, related to indoor pollution and, then, to suggest remediation measures.

Introduction

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), 75% de la mortalité annuelle mondiale en 2011 était due aux maladies non communicables, 16% aux maladies communicables (infectieuses), périnatales et nutritionnelles et 9% aux accidents et violences. Les principales maladies non communicables incluent les maladies cardiovasculaires (40% de la mortalité annuelle mondiale), les cancers (14% de la mortalité), les maladies respiratoires chroniques (8% de la mortalité) et le diabète (3% de la mortalité) (<http://www.who.int/respiratory/en/>). Ainsi, les maladies respiratoires chroniques sont responsables d'environ un décès sur douze au niveau mondial. Elles incluent l'asthme et la rhinite chronique, les broncho-pneumopathies chroniques obstructives (BPCO), les maladies pulmonaires professionnelles, les maladies pulmonaires liées au sommeil, l'hypertension artérielle pulmonaire, les bronchectasies, et enfin la fibrose et les maladies interstitielles du poumon. Si la mortalité de ces maladies est très élevée, leur prévalence l'est encore plus, puisqu'on estime à trois cents millions la prévalence de l'asthme, deux cent dix millions celles des BPCO, quatre cents millions celle de la rhinite (en dehors de l'asthme), plus de cent millions les troubles pulmonaires liés au sommeil et plus de cinquante millions d'autres maladies respiratoires chroniques. Au total, plus d'un milliard d'habitants seraient touchés par les maladies respiratoires chroniques (BOUSQUET *et al.* 2010).

Les facteurs de risque des maladies respiratoires chroniques

Sept facteurs de risque jouent un rôle significatif dans les maladies respiratoires chroniques: le tabagisme, la pollution de l'air intérieur, des facteurs professionnels, d'exposition aux allergènes (et leur sensibilisation favorisée par la disparition des helminthoses), la pollution de l'air atmosphérique, l'alimentation et les séquelles de tuberculose. Le tabagisme actif, qui affecte plus d'un milliard d'humains, est la cause première de BPCO.

A côté du tabagisme actif, d'autres facteurs de risque ont été identifiés, en particulier le tabagisme passif, l'exposition à des polluants professionnels, la pollution de l'air tant intérieur qu'atmosphérique. Depuis le début des années 2000, plusieurs études ont montré que le tabagisme n'était pas le seul facteur étiologique des BPCO et que d'autres facteurs environnementaux pouvaient également jouer un rôle déterminant. Dans une large méta-analyse, portant sur plusieurs pays à travers le monde, SALVI & BARNES (2009) rapportent qu'environ 20 à 35 % des patients BPCO sont des non-fumeurs. En effet, à côté du tabagisme actif, plusieurs facteurs de risque de BPCO non tabagique ont été identifiés: l'âge, les antécédents d'infections respiratoires dans l'enfance, le niveau socio-économique, et enfin l'exposition aux fumées d'habitations produites par l'utilisation de biocombustibles. Ces biocombustibles incluent des bouses animales et divers déchets utilisés par les populations socio-économiquement les plus défavorisées, des brindilles et du bois, du charbon de bois, du charbon et du kérosène pour les populations au statut socio-économique intermédiaire, et enfin le gaz et l'électricité pour les populations plus favorisées (SOOD 2012).

Les fumées produites à partir de ces biocombustibles sont capables d'induire des réactions inflammatoires bronchiques, notamment une inflammation à neutrophiles, un dysfonctionnement des macrophages, une activation des métalloprotéinases, une réduction de la clairance mucociliaire, ou encore une activation du stress oxydatif. L'utilisation des biocombustibles solides est particulièrement fréquente dans les pays d'Afrique centrale, en Inde, en Asie du Sud-Est et dans certains pays d'Océanie. Leur rôle dans les risques de maladies respiratoires chroniques est extrêmement préoccupant dans les pays à faible revenu, comme GORDON *et al.* (2014) l'ont récemment observé dans un article très documenté. Les populations occidentales, bien que moins fréquemment exposées, utilisent aussi des biocombustibles, en particulier le bois. On estime que trois milliards d'habitants sont exposés aux fumées produites par les biomasses, correspondant à l'utilisation quotidienne de deux milliards de kilos de biomasses. La figure 1 illustre un exemple de fumée d'habitation au nord du Vietnam.

Enfin, l'augmentation du risque de sensibilisation allergénique joue un rôle important dans les maladies respiratoires des pays les plus développés. Liés au mode de vie occidental, des changements profonds de fonctionnement du système immunitaire ont été objectivés au sein des sociétés postindustrielles, et ce en rapport avec la disparition du portage chronique des helminthoses et l'amélioration décisive de l'hygiène publique et médicale. Dès 1989, Strachan *et al.* avaient émis l'hypothèse d'une immaturité persistante du système immunitaire du nouveau-né, provoqué par l'absence de stimulation microbienne après la naissance (en raison du développement de l'hygiène et des moyens de lutte contre les maladies infectieuses), dans les sociétés occidentales (STRACHAN *et al.* 1989), immaturité caractérisée par un déséquilibre de la réponse humorale Th2 qui conduit aux maladies allergiques. Cette hypothèse fut ensuite soutenue par

des travaux épidémiologiques, en particulier ceux rapportés par VON MUTIUS (2007). A cette «théorie hygiéniste» s'est ajouté plus récemment le rôle des helminthoses comme facteur protecteur du risque de maladies allergiques et auto-immunes (WAMMES *et al.* 2014).

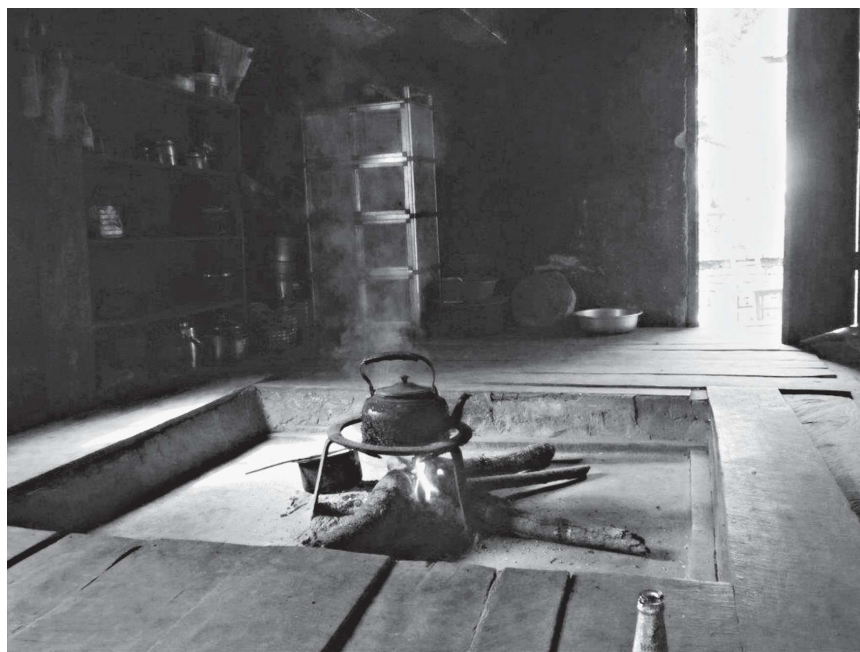


Fig. 1. — Exemple d'habitation rurale au Nord-Vietnam (photo 2013, I. Godin).

Les effets de la pollution intérieure par les fumées d'habitation

En 2011, l'OMS considérait que deux cent mille décès par BPCO étaient attribuables à l'exposition aux fumées d'habitation en Asie du Sud-Est et quatre cent mille dans les pays du Pacifique (http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/HAP_BoD_results_March2014.pdf?ua=1). L'exposition à ces fumées était également responsable de plus de trois cent mille infections des voies respiratoires inférieures de l'enfant de moins de cinq ans en Afrique ainsi qu'en Asie du Sud-Est. KURMI *et al.* (2012), dans une méta-analyse portant sur dix-sept études, observent un doublement du facteur de risque de bronchites chroniques dans les populations exposées aux biomasses. La même méta-analyse, portant sur quatorze études ayant mesuré la fonction respiratoire, montre un facteur de risque de BPCO multiplié par trois chez les populations exposées aux biomasses.

Les maladies respiratoires chroniques au Vietnam

Selon les chiffres publiés en 2014 par l'OMS concernant le Vietnam (http://www.who.int/nmh/countries/vnm_en.pdf?ua=1), la mortalité annuelle rapportée à l'âge, pour les maladies respiratoires chroniques, serait de 76 et 45 % pour cent mille habitants chez les hommes et les femmes, respectivement. En revanche, le tabagisme actif quotidien est présent chez 46 % versus 2 % des hommes et des femmes, respectivement. Les résultats préliminaires d'une étude menée à Ho Chi Minh-Ville montrent d'ailleurs que plus de 40 % de MRC sont non tabagiques et non allergiques, ce qui suggère que d'autres causes, telles que la pollution de l'habitat, jouent un rôle également. Une proportion importante de maladies respiratoires chroniques rencontrées chez les femmes serait donc liée à d'autres facteurs étiologiques que le tabagisme actif. Parmi ces facteurs, l'exposition aux fumées d'habitation pourrait jouer un rôle très significatif dans le risque de MRC chez la femme, d'une part, et chez les très jeunes enfants, d'autre part. La disparition annoncée des helminthoses (en particulier l'ankylostome) au sein des populations rurales pourrait s'ajouter comme facteur de risque de développement d'allergies respiratoires, contribuant aux maladies respiratoires chroniques (WAMMES *et al.* 2014).

Projet d'évaluation et de prévention des maladies respiratoires chroniques au Vietnam

Un programme de recherche soutenu par la Commission de la Coopération au Développement de l'Académie de Recherche et d'Enseignement supérieur (ARES) de la Fédération Wallonie-Bruxelles (<http://www.cud.be/content/view/1013/504/lang/>) est actuellement en cours à Ho Chi Minh-Ville. Le but de ce programme est d'évaluer la prévalence des maladies respiratoires chroniques au Sud-Vietnam, d'une part, et les facteurs étiologiques (en particulier les polluants de l'habitat), d'autre part. Le programme tentera d'établir des relations entre la prévalence des différentes maladies respiratoires chroniques et des facteurs de risque environnementaux. Les caractéristiques de l'habitat (architecture, appareils de combustion, ventilation, ...), des paramètres environnementaux mesurables et la présence de particules microscopiques, le contenu en endotoxines et en allergènes dans l'air ambiant, seront prises en compte. Ces observations devraient permettre de proposer des mesures de remédiation, en particulier au niveau de l'habitat, qui porteront vraisemblablement, d'une part, sur l'amélioration de la ventilation et, de l'autre, sur la limitation de la source des fumées d'habitation.

BIBLIOGRAPHIE

- BOUSQUET, J., KILEY, J., BATEMAN, E. D., VIEGI, G., CRUZ, A. A., KHALTAEV, N., KHALED, A., BAENA-CAGNANI, C. E., BARRETO, M. L., BILLO, N., CANONICA, G. W., CARLSEN, K.-H., CHAVANNES, N., CHUCHALIN, A., DRAZEN, J., FABBRI, L. M., GERBASE, M. W., HUMBERT, M., JOOS, G., MASJEDI, M. R., MAKINO, S., TO, T. & ZHI, L. 2010. Prioritised research agenda for prevention and control of chronic respiratory diseases. — *Eur. Respir. J.*, **36**: 995-1001.
- GORDON, S. B., BRUCE, N. G., GRIGG, J., HIBBERD, P. L., KURMI, O. P., LAM, K.-B. H., MORTIMER, K., ASANTE, K. P., BALAKRISHNAN, K., BALMES, J., BAR-ZEEV, N., BATES, M. N., BREYSSE, P. N., BUIST, S., CHEN, Z., HAVENS, D., JACK, D., JINDAL, S., KAN, H., MEHTA, S., MOSCHOVIS, P., NAEHER, L., PATEL, A., PEREZ-PADILLA, R., POPE, D., RYLANCE, J., SEMPLE, S. & MARTIN, W. J. 2014. Respiratory risks from household air pollution in low and middle income countries. — *Lancet Respir. Med.*, **2** (10): 823-860.
- KURMI, O. P., LAM, K.-B. H. & AYRES, J. G. 2012. Indoor air pollution and the lung in low- and medium-income countries. — *Eur. Respir. J.*, **40** (1): 239-254.
- SALVI, S. S. & BARNES, P. J. 2009. Chronic obstructive pulmonary disease in non-smokers. — *Lancet*, **375**: 733-743.
- SOOD, A. 2012. Indoor fuel exposure and the lung in both developing and developed countries: An update. — *Clin. Chest Med.*, **33** (4): 649-665.
- STRACHAN, D. P. 1989. Hay fever, hygiene, and household size. — *Br. Med. J.*, **299**: 1259-1260.
- VON MUTIUS, E. 2007. Allergies, infections and the hygiene hypothesis: The epidemiological evidence. — *Immunobiology*, **212** (6): 433-439.
- WAMMES, L. J., MPAIRWE, H., ELLIOTT, A. M. & YAZDANBAKHISH, M. 2014. Helminth therapy or elimination: Epidemiological, immunological, and clinical considerations. — *Lancet Infect. Dis.*, **14**: 1150-1162.

**Maladie à virus Ebola:
aspects virologiques, cliniques et plan de prise en charge hospitalière
d'un cas d'importation en Belgique en 2015***

par

Michèle GÉRARD**

MOTS-CLES. — Ebola; Maladie hautement contagieuse; Equipement de protection personnelle.

RESUME. — Suite à l'épidémie sans précédent de virus Ebola Zaïre qui sévit depuis 2013 en Afrique de l'Ouest, les cas d'importation de maladie à virus Ebola dans le monde occidental ont permis de mieux caractériser la présentation clinique de la maladie et de mesurer l'impact favorable de la prise en charge en soins intensifs d'un cas. Les mesures opérationnelles adoptées à l'hôpital pour la prise en charge d'un cas d'importation en Belgique sont présentées.

TREFWOORDEN. — Ebola; Hoogbesmettelijke ziekte; Persoonlijke beschermingsmiddelen.

SAMENVATTING. — *Ebolavirusziekte: virologische, klinische aspecten en ziekenhuisbeheersplan voor een importgeval in België in 2015.* — Als gevolg van een ongeziene epidemie van het Zaïre ebolavirus, actief sinds 2013 in West-Afrika, heeft het aantal geïmporteerde ebolagevallen in westerse ziekenhuizen geleid tot een beter begrip van de klinische aspecten van de ziekte en de gunstige impact van de opname op een intensieve-zorgafdeling aangetoond. De in België genomen operationele maatregelen voor een importgeval worden toegelicht.

KEYWORDS. — Ebola; Highly Infectious Disease; Personal Protective Equipment.

SUMMARY. — *Ebola Viral Disease: Virological, Clinical Aspects and Hospital Management Plan for an Imported Case in Belgium in 2015.* — Owing to the major epidemic of Ebola Zaire virus disease which has been going on since 2013 in West Africa, importation of cases in western hospitals has occurred, leading to a better understanding of the clinical features of the disease and the favourable outcome due to management in intensive care units. Operational measures taken for the hospital management of a known case of Ebola viral disease in Belgium are presented.

* Communication présentée à la séance extraordinaire tenue le 2 décembre 2014 au Musée de la Médecine (campus Erasme, ULB). Texte reçu le 19 février 2015, soumis à *peer-review*. Version définitive, approuvée par les *reviewers*, reçue le 2 juillet 2015.

** Hygiène hospitalière – Maladies infectieuses, CHU Saint-Pierre, rue Haute 322, B-1000 Bruxelles (Belgique).

*
* *

Dans le cadre de l'épidémie de maladie à virus Ebola qui sévit en Afrique de l'Ouest depuis décembre 2013, nous présentons un aperçu des connaissances virologiques et cliniques au sujet de cette affection ainsi que les mesures de prise en charge d'un cas d'importation en Belgique.

Aspects virologiques

Le virus appartient au genre Ebola de la famille des Filoviridae ainsi que le virus de Marburg, un proche cousin. Parmi les cinq sous-types de virus Ebola identifiés, seuls trois ont été responsables d'épidémies. Il s'agit d'Ebola Zaïre (EBOV), d'Ebola Soudan (SUDV) et d'Ebola Bundibugyo (BDBV). Ebola Reston (RESTV) est responsable d'épidémies chez le macaque et les porcs aux Philippines et n'est pas pathogène pour l'homme. Ebola virus de la forêt de Taï (TAFV), anciennement Ebola Côte-d'Ivoire, a causé un unique cas humain chez un ethnologue qui avait pratiqué l'autopsie d'un chimpanzé.

Le virus Ebola est un virus à ARN non segmenté et à polarité négative. En microscopie électronique, il revêt une apparence filamenteuse caractéristique. Le virus possède une enveloppe lipidique qui le rend sensible à une grande majorité de techniques d'inactivation comme la chaleur, les ultraviolets, les désinfectants usuels utilisés à l'hôpital.

Epidémiologie

La maladie à virus Ebola est une zoonose dont les hôtes naturels sont probablement des chauves-souris frugivores (*Hypsignatus monstrosus*, *Epomops franqueti*, *Myonycteris torquata*, *Eidolon Helvum*) ou insectivores (*Mops condylurus*). Les chauves-souris excrètent le virus de manière intermittente lors de stress particuliers comme la grossesse ou le manque de nourriture. Les chimpanzés, les gorilles ou d'autres mammifères se contaminent au départ de l'environnement ou des fruits contaminés par les chauves-souris. L'homme s'infecte soit lors d'activité de chasse et/ou de préparation de viande de brousse contaminée (chauves-souris, singes, tatous, ...), soit directement par contact avec l'environnement contaminé de la chauve-souris (HAYMAN *et al.* 2012; LEROY *et al.* 2005, 2009; PIGOTT *et al.* 2014). Cette dernière voie de transmission est probablement le mode de contamination du cas index de l'épidémie actuelle d'Afrique de l'Ouest (MARI SAEZ *et al.* 2014).

Une chaîne de transmission interhumaine peut ensuite s'établir et générer une épidémie.

Entre 1976, date de la mise en évidence des premières épidémies de maladie à virus Ebola au Congo et au Soudan, et 2013, dix-neuf épidémies (hors cas isolés) ont été décrites en Afrique centrale dans des zones situées près de la forêt ombrophile tropicale (Congo, Sud-Soudan, Gabon et Ouganda). Ces dix-neuf épidémies totalisent ensemble deux mille quatre cent trois cas, soit dix fois moins que l'épidémie actuelle en Afrique de l'Ouest.

La niche écologique des chauves-souris frugivores incriminées comme hôte potentiel du virus étant beaucoup plus large que les zones où des épidémies humaines ont été identifiées, suggère que des épidémies humaines pourraient survenir dans d'autres zones d'Afrique centrale et de l'Ouest (LEROY *et al.* 2005).

L'analyse génétique du virus responsable de l'épidémie actuelle indique d'ailleurs que ce virus résulte d'une introduction zoonotique unique d'un virus Ebola ayant divergé depuis une dizaine d'années d'une souche de virus Ebola Zaïre (GIRE *et al.* 2014).

Physiopathologie

La physiopathologie de la maladie à virus Ebola est encore mal connue. En raison des problèmes de biosécurité, elle a surtout été étudiée *in vitro* et chez l'animal.

Le virus Ebola possède un large tropisme cellulaire. Au départ du point d'inoculation cutané ou muqueux, le virus va infecter séquentiellement plusieurs types de cellules: cellules dendritiques, macrophages, cellules endothéliales, hépatocytes, cellules de la glande surrénale. Initialement, le virus perturbe simultanément la réponse immune innée via une réduction de la production d'interféron, la réponse immune cellulaire par une diminution d'expression du récepteur CD40 et la réponse immune humorale. Ceci permet une réplication virale non contrôlée qui explique la rapidité avec laquelle l'affection peut être létale. Le virus envahit secondairement les cellules de divers organes causant un dysfonctionnement de ceux-ci encore majoré par l'action des cytokines proinflammatoires.

Les phénomènes suivants sont donc observés: perturbation de la production d'interféron, production massive de chémokines, de cytokines proinflammatoires et d'oxyde nitrique, apoptose lymphocytaire, formation de caillots sanguins, fuite capillaire, dysrégulation de la production des facteurs de la coagulation, perturbation de la sécrétion des stéroïdes, le tout menant à une faillite circulatoire et au choc (ANSARI 2014).

Tableau clinique de la maladie

Les symptômes apparaissent entre deux et vingt et un jours après la contamination avec une moyenne de 8-10 j. L'affection débute par une phase fébrile non spécifique accompagnée de fatigue, de douleurs musculaires et articulaires.

Tableau 1

Signes et symptômes de patients avec une fièvre confirmée ou probable à virus Ebola en Guinée, au Liberia, au Nigeria et en Sierra Leone (DYE *et al.* 2015)

Signe ou symptôme	Nombre	%
Fièvre	1002	87,1
Fatigue	866	76,4
Perte d'appétit	681	64,5
Vomissement	753	67,6
Diarrhée*	721	65,5
Céphalées	553	53,4
Douleurs abdominales	439	44,3
Douleurs musculaires	385	38,9
Douleurs articulaires	374	39,4
Douleurs thoraciques	254	37
Toux	194	29,6
Difficultés respiratoires*	155	23,3
Troubles de la déglutition*	169	32,9
Conjonctivite*	137	20,8
Mal de gorge	102	21,8
Confusion*	84	13,3
Hoquet	108	11,1
Ictère	65	10,4
Douleurs oculaires	48	7,7
Rash	37	5,8
Coma ou troubles de la conscience*	37	5,9
Saignement inexpliqué*	168	18
Hématémèse	26	3,9
Sang dans les selles	48	5,7
Saignement des gencives	19	2,3
Epistaxis	16	1,9
Sang dans les expectorations	20	2,4
Autre saignement	8	1,2
Saignement aux sites d'injection	20	2,4
Saignement vaginal	14	3,2
Sang dans les urines	10	1,2
Saignement sous-cutané	5	0,6

Survient ensuite une phase de troubles digestifs (vomissements, diarrhée) qui évolue soit vers la guérison, soit vers un état de faillite multisystémique d'organes caractérisée par un choc, une diminution de l'état de conscience, une tachypnée et une oligurie. Des phénomènes hémorragiques sont observés chez 20 à 40 % des patients. La fréquence des symptômes rapportés dans une série de plus de mille quatre cents patients pendant les neuf premiers mois de l'épidémie est illustrée dans le tableau 1.

L'affection est mortelle dans 30 à 88 % des cas. Ebola Zaïre est associé à une plus haute mortalité que les autres sous-types viraux avec une mortalité de 70 % rapportée pendant l'épidémie actuelle d'Afrique de l'Ouest (Bwaka *et al.* 1999, Dye *et al.* 2015). Les facteurs associés à un risque plus élevé de décès sont un âge supérieur à quarante-cinq ans, divers signes et symptômes marqués d'un astérisque dans le tableau 1 et une charge virale élevée.

Les quelques cas pris en charge dans des unités de soins intensifs en Occident ont fourni de précieuses informations cliniques. Les patients, pendant la phase de symptômes digestifs, peuvent présenter une diarrhée de type cholérique avec des pertes liquidiennes très importantes (jusqu'à sept à huit litres de diarrhée par jour) et nécessitent, malgré un état apparent d'anasarque, une réhydratation agressive. Les patients présentent également un syndrome de fuite capillaire avec d'importants troubles électrolytiques comme une hypokaliémie, une hypocalcémie. Une bactériémie avec des entérobactéries par translocation bactérienne au départ d'un tube digestif en ileus paralytique, en raison des troubles ioniques et de l'atteinte virale directe, peut survenir. Les complications rénales nécessitant une dialyse et les problèmes d'insuffisance respiratoire nécessitant une intubation n'ont pas été décrits en détail par les auteurs.

Une prise en charge optimale permettant d'améliorer le pronostic de ces patients nécessite donc l'utilisation de techniques d'imagerie (radiologie, échographie), l'insertion de cathéters veineux centraux pour le monitoring hémodynamique et les prélèvements sanguins et l'utilisation de techniques de réanimation comme l'intubation et la dialyse rénale.

Ces techniques invasives de réanimation comportent un risque important d'exposition du travailleur de santé aux liquides biologiques infectés et des procédures d'hygiène très précises devront être mises en place afin de pouvoir prodiguer des soins de qualité aux patients tout en assurant la protection des soignants (Kreuels *et al.* 2014, Lyon *et al.* 2014, Wolf *et al.* 2014).

Mode de transmission du virus Ebola

Le virus Ebola se transmet par contact direct ou indirect avec les liquides biologiques d'un patient infecté. Du virus peut être retrouvé au niveau du sang en très grandes quantités (plusieurs milliards de particules virales chez les patients les plus malades) mais aussi dans de nombreux autres fluides: urines,

selles, sueur, salive, larmes, lait maternel, liquide amniotique, ... Le virus peut être retrouvé dans le sperme et dans l'œil de nombreuses semaines après la guérison chez le patient convalescent.

Aucune transmission n'est rapportée par un patient asymptomatique en phase d'incubation de la maladie mais bien à l'occasion de rapports sexuels avec un patient convalescent de la maladie.

Globalement, partant d'un taux de reproduction de base R_0 (le nombre moyen de cas secondaires générés par une personne durant la période où elle est contagieuse) variant entre 1 et 2, la maladie à virus Ebola est moins contagieuse que certaines maladies transmissibles qui soulèvent moins de craintes dans le public comme la coqueluche ou la rougeole dont les R_0 varient de 12 à 17.

Plan de prise en charge d'un cas d'importation en Belgique

Le risque d'avoir un cas de patient souffrant de la maladie à virus Ebola découvert en Belgique, bien que faible, n'est pas nul. En effet, des travailleurs humanitaires touchés par la maladie ont régulièrement été rapatriés en Europe et en Amérique du Nord. De plus, la compagnie d'aviation *Brussels Airlines* est, avec *Royal Air Maroc*, une des seules compagnies aériennes qui continuent à desservir les trois pays les plus touchés par l'épidémie. Enfin, Médecins sans Frontières possède à Bruxelles un important centre d'entraînement où les travailleurs de santé potentiellement exposés aux patients sur le terrain viennent se reformer aux techniques d'utilisation des équipements de protection individuelle.

La transmission du virus à des travailleurs de santé en Espagne et aux Etats-Unis nous confirme que la Belgique se doit d'être dotée d'un plan de prise en charge d'un cas suspect de maladie à virus Ebola même si un patient fébrile au retour de la zone épidémique a beaucoup plus de chances de présenter une pathologie tropicale comme la malaria ou la fièvre typhoïde.

Suspecter qu'un patient fébrile au retour de la zone épidémique puisse souffrir d'une maladie à virus Ebola a des conséquences majeures sur sa prise en charge médicale: isolement strict, limitation des possibilités d'examen sanguin pour des raisons de biosécurité, limitation des examens paracliniques pour éviter toute transmission hospitalière.

Une définition de cas probable se doit donc d'être sensible mais aussi la plus spécifique possible. Sera considérée comme cas probable, une personne revenant de la zone épidémique dans les vingt et un jours si elle présente un syndrome fébrile ou d'autres symptômes sévères compatibles et s'il existe une histoire d'exposition à risque (contacts physiques avec un patient souffrant d'Ebola, participation à des rites funéraires,...).

L'anamnèse du patient doit être systématique et scrupuleuse. Il est indispensable de donner confiance au patient et de l'assurer que, quoi qu'il dise, des soins seront prodigués. L'inspecteur d'hygiène communautaire est impliqué

dans l'analyse de risques et doit valider la suspicion clinique pour enclencher l'alerte sanitaire.

En l'absence d'accords internationaux permettant le transfert de cas de maladie à virus Ebola entre la Belgique et les pays européens disposant de centres d'isolement de haut niveau, trois hôpitaux belges ont accepté de prendre en charge des patients souffrant d'Ebola confirmé. Il s'agit des hôpitaux universitaires d'Anvers et de Leuven et du CHU Saint-Pierre à Bruxelles. L'hôpital militaire est en charge du transport des cas vers ces hôpitaux à l'aide d'une ambulance spécialement équipée pour la circonstance.

Le test sanguin permettant la confirmation par biologie moléculaire d'une infection par le virus Ebola est disponible depuis cette année à l'Institut de Médecine Tropicale d'Anvers, évitant ainsi le transport de l'échantillon vers un laboratoire de haute biosécurité à l'étranger et permettant un précieux gain de temps.

Des procédures opérationnelles ont été élaborées au sein des trois hôpitaux afin de garantir la sécurité du personnel et des autres patients. Une des mesures majeures pour assurer la protection du personnel est l'utilisation d'équipement de protection individuelle. L'équipement est complexe. Il comporte une combinaison recouvrant tout le corps (elle-même encore recouverte d'une blouse imperméable, d'une cagoule, de lunettes de protection, d'un masque de type respiratoire, de bottes de protection et enfin d'une double paire de gants). Aucun espace de peau ne peut être visible. La formation du personnel à la technique de retrait des protections est fondamentale afin d'éviter une autocontamination lors du retrait des protections souillées. Du personnel est spécialement formé pour jouer un rôle d'observateur qui orchestrera le déshabillage du travailleur de santé.

D'autres procédures spécifiques sont nécessaires pour la gestion des excréta du patient. Ceux-ci ne peuvent en effet être éliminés dans les sanitaires, doivent être gélifiés avant une élimination dans des containers à déchets rigides. Afin de respecter la législation européenne ADR relative au transport par route des déchets dangereux, les déchets de soins d'un patient Ebola devront bénéficier d'un emballage triple. Le container sortant de la chambre sera emballé dans un sac plastique épais, lui-même emballé dans un container de deux cents litres. Les prises de sang ne seront pas analysées au laboratoire de routine mais bien dans de petits automates soit directement au chevet du patient, soit dans le laboratoire de biosécurité L3. Cette contrainte limite hélas le nombre d'analyses qui peuvent être effectuées pour la prise en charge du patient.

Traitement et vaccination post-exposition professionnelle

Aucun traitement n'est actuellement enregistré pour lutter contre la maladie à virus Ebola, ni pour la prophylaxie après une exposition professionnelle à risque. L'ampleur de l'épidémie actuelle d'Ebola en Afrique de l'Ouest a de ce fait renouvelé l'intérêt pour le développement de drogues et vaccins anti-Ebola.

L'OMS, dans une déclaration du 12 août 2014, a approuvé l'utilisation de médicaments non homologués pour le traitement de patients contaminés par le virus Ebola.

En Belgique, suite à cette déclaration et sur base de l'article 6 quater de la Loi des médicaments du 25 mars 1964 (Art. 6 quater § 1, 1, 5), la ministre de la santé a autorisé l'importation et l'utilisation de médicaments non autorisés (*Moniteur belge* du 14 novembre 2014).

Plus précisément, deux vaccins (ChAd3-EBOV GSK, rVSV-EBOV de Newlink/Merk) et huit médicaments expérimentaux, qui sont actuellement en cours de révision par l'EMA (*European Medicines Agency*), sont autorisés. Ces médicaments ont tous montré une efficacité en modèle animal (primates non humains et/ou souris). Il s'agit des médicaments suivants:

- Inhibiteurs de la polymérase (Favipiravir, Brincidofovir, BCX4430);
- Produits à base d'oligonucléotides (TKM-100802, AVI-7537);
- Cocktails d'anticorps monoclonaux (ZMapp, ZmaB);
- Immunoglobulines polyclonales à partir de chevaux vaccinés (FabEntech).

Une autre option de traitement actuellement envisagée est le sang ou des produits sanguins convalescents. Il s'agit d'utiliser du sang de personnes qui ont survécu à la maladie d'Ebola et qui est riche en anticorps spécifiques contre le virus d'Ebola. L'Institut de Médecine Tropicale d'Anvers a reçu une subvention de la Commission européenne afin de mettre sur pied une étude sur cette option de traitement. En décembre 2014, les premiers essais cliniques ont commencé en Guinée en collaboration avec Médecins Sans Frontières (MSF) et l'INSERM (Institut national de la Santé et de la Recherche, France).

L'efficacité de ces médicaments et produits sanguins dans des études de phase III actuellement menées en Afrique n'a pas encore été publiée à l'heure actuelle.

Un des deux vaccins autorisés en Belgique, le rVSV-ZEBOV-GP, a également été proposé comme prophylaxie après une exposition à risque s'il est administré dans les 48 h de l'accident. Il s'agit d'un vaccin recombinant réplicatif où le gène d'une protéine de surface du virus de la stomatite vésiculaire a été remplacé par un segment de gène de la glycoprotéine de surface du virus Ebola Zaïre.

L'efficacité en prophylaxie post-exposition a été démontrée chez les primates non humains. Le vaccin a également été administré avec succès chez deux personnes ayant eu une exposition professionnelle à haut risque au virus Ebola.

La Belgique dispose actuellement d'un traitement oral de Favipiravir et de trois vaccins r VSV-EBOV stockés dans un des centres de référence.

Conclusion

L'épidémie sans précédent de la maladie à virus Ebola qui sévit actuellement en Afrique de l'Ouest est aussi un défi pour les pays occidentaux confrontés pour la première fois à la prise en charge de multiples cas d'importation et à la transmission interhumaine du virus hors d'Afrique. Chaque pays occidental se doit de mettre en place un plan de prise en charge de maladies hautement contagieuses qui garantisse la sécurité des travailleurs de santé ainsi que de la communauté tout en offrant des soins de qualité au patient.

BIBLIOGRAPHIE

- ANSARI, A. A. 2014. Clinical features and pathobiology of Ebolavirus infection. — *J. Autoimmun.*, **55**: 1-9.
- BWAKA, M. A., BONNET, M. J., CALAIN, P., COLEBUNDERS, R., DE ROO, A., GUIMARD, Y., KATWIKI, K. R., KIBADI, K., KIPASA, M. A., KUVULA, K. J., MAPANDA, B. B., MASSAMBA, M., MUPAPA, K. D., MUYEMBE-TAMFUM, J. J., NDABEREY, E., PETERS, C. J., ROLLIN, P. E. & VAN DEN ENDEN, E. 1999. Ebola hemorrhagic fever in Kikwit, Democratic Republic of the Congo: Clinical observations in 103 patients. — *J. Infect. Dis. Feb.*, **179** (Suppl. 1): S1-7.
- DYE, C. & WHO Ebola Response Team 2015. Ebola virus disease in West Africa – the first 9 months. — *N. Engl. J. Med.*, **372**: 181-195.
- European Medicines Agency 2015. Interim assessment report. Medicinal products under development for the treatment of Ebola (Access 1 July 2015: http://www.ema.europa.eu/docs/en_GB/document_library/Report/2014/12/WC500179062.pdf).
- GIRE, S. K., GOBA, A., ANDERSEN, K. G., SEALFON, R. S. G., PARK, D. J., KANNEH, L., JALLOH, S., MOMOH, M., FULLAH, M. & DUDAS, G. 2014. Genomic surveillance elucidates Ebola virus origin and transmission during the 2014 outbreak. — *Science*, **345**: 1369-1372.
- HAYMAN, D. T. S., YU, M., CRAMERI, G., WANG, L.-F., SUU-IRE, R., WOOD, J. L. N. & CUNNINGHAM, A. A. 2012. Ebola virus antibodies in fruit bats, Ghana, West Africa. — *Emerging Infectious Diseases*, **18**: 1207-1209.
- KREUELS, B., WICHMANN, D., EMMERICH, P., SCHMIDT-CHANASIT, J., DE HEER, G., KLUGE, S., SOW, A., RENNE, T., GUNTHER, S., LOHSE, A. W., ADDO, M. M. & SCHMIEDEL, S. 2014. A case of severe Ebola virus infection complicated by gram-negative septicemia. — *N. Engl. J. Med.*, **371**: 2394-2401.
- LEROY, E. M., KUMULUNGUI, B., POURRUT, X., ROUQUET, P., HASSANIN, A., YABA, P., DELICAT, A., PAWESKA, J. T., GONZALEZ, J.-P. & SWANEOPEL, R. 2005. Fruit bats as reservoirs of Ebola virus. — *Nature*, **438**: 575-576.
- LEROY, E. M., EPELBOIN, A., MONDONGE, V., POURRUT, X., GONZALEZ, J.-P., MUYEMBE-TAMFUM, J.-J. & FORMENTY, P. 2009. Human Ebola outbreak resulting from direct exposure to fruit bats in Luebo, Democratic Republic of Congo, 2007. — *Vector Borne and Zoonotic Diseases*, **9**: 723-728.
- LYON, G. M., MEHTA, A. K., VARKEY, J. B., BRANTLY, K., PLYLER, L., MCELROY, A. K., KRAFT, C. S., TOWNER, J. S., SPIROPOULOU, C., STROHER, U., UYEKI, T. M. & RIBNER, B. S. 2014. Emory Serious Communicable Diseases Unit. Clinical care of two patients with Ebola virus disease in the United States. — *N. Engl. J. Med.*, **371**: 2402-2409.

- MARI SAEZ, A., WEISS, S., NOWAK, K., LAPEYRE, V., ZIMMERMANN, F., DUX, A., KUHL, H. S., KABA, M., REGNAUT, S., MERKEL, K., SACHSE, A., THIESEN, U., VILLANYI, L., BOESCH, C., DABROWSKI, P. W., RADONIC, A., NITSCHKE, A., LEENDERTZ, S. A., PETTERSON, S., BECKER, S., KRAHLING, V., COUACY-HYMAN, E., AKOUA-KOFFI, C., WEBER, N., SCHAADÉ, L., FAHR, J., BORCHERT, M., GOGARTEN, J. F., CALVIGNAC-SPENCER, S. & LEENDERTZ, F. H. 2014. Investigating the zoonotic origin of the West African Ebola epidemic. — *EMBO Mol. Med.*, **7** (1): 17-23.
- PIGOTT, D. M., GOLDING, N., MYLNE, A., HUANG, Z., HENRY, A. J., WEISS, D. J., BRADY, O. J., KRAEMER, M. U., SMITH, D. L., MOYES, C. L., BHATT, S., GETTING, P. W., HORBY, P. W., BOGOCH, I. I., BROWNSTEIN, J. S., MEKARU, S. R., TATEM, A. J., KHAN, K. & HAY, S. I. 2014. Mapping the zoonotic niche of Ebola virus disease in Africa (eLife 2014; 3:e04395).
- WOLF, T., KANN, G., BECKER, S., STEPHAN, C., BRODT, H. R., DE LEUW, P., GRUNEWALD, T., VOGL, T., KEMPF, V. A., KEPPLER, O. T. & ZACHAROWSKI, K. 2014. Severe Ebola virus disease with vascular leakage and multiorgan failure: Treatment of a patient in intensive care. — *Lancet*, **6736**: 62 384-62 389.

**Implications des relations sol-plante en ingénierie écologique
des habitats et sols métallifères dégradés:
le cas des habitats riches en cuivre du Katanga
(République Démocratique du Congo)***

par

Michel-Pierre FAUCON¹, Edouard ILUNGA^{2,3},
Bastien LANGE^{1,4}, Sylvain BOISSON^{2,3}, Maxime SELECK²,
Soizig LE STRADIC², Mylor SHUTCHA³, Claude GRISON⁵,
Olivier POURRET¹, Pierre MEERTS⁶ & Grégory MAHY²

MOTS-CLES. — Cuivre; Ingénierie écologique; Interactions sols-plantes; Métaux lourds; Traits fonctionnels.

RESUME. — La restauration écologique des habitats dégradés et des sols nus riches en métaux lourds créés par l'activité minière est devenue aujourd'hui un enjeu environnemental majeur pour réduire l'érosion de la biodiversité et la dégradation des paysages, des sols et de l'eau. Les études de restauration écologique basées sur l'identification des espèces sans faire référence aux traits fonctionnels des plantes sont limitées au réservoir régional des espèces et rendent difficiles les interprétations et les applications dans des contextes écologiques variés. En comparant les traits fonctionnels des plantes entre l'habitat métallifère non dégradé et un gradient de succession d'habitats secondaires, il est possible de définir des traits liés à la capacité de colonisation des sols nus riches en métaux lourds. Cette première tentative d'analyse des traits sur les habitats riches en métaux lourds permet ainsi d'identifier les traits candidats à la phytoremédiation. Un des futurs défis est de créer de nouveaux écosystèmes fonctionnels sur les sols nus contaminés par les métaux lourds en favorisant la conservation de la biodiversité et les services écosystémiques associés à la protection des sols et de l'eau. Cette approche nécessitera l'association d'espèces sélectionnées pour la phytoremédiation provenant des habitats métallifères secondaires et primaires.

* Communication présentée à la séance de la Classe des Sciences naturelles et médicales tenue le 25 novembre 2014. Texte reçu le 13 avril 2015, soumis à *peer-review*. Version définitive, approuvée par les *reviewers*, reçue le 31 août 2015.

¹ Hydrogéochimie Interactions Sol-Environnement (Unité HydrISE), Institut polytechnique LaSalle Beauvais (ISAB-IGAL), rue Pierre Wagué 15, F-60026 Beauvais (France).

² Unité Biodiversité et Paysage, Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Passage des Déportés 2, B-5030 Gembloux (Belgique).

³ Unité de Recherche Ecologie, Restauration écologique et Paysage, faculté des Sciences agronomiques, Université de Lubumbashi, Lubumbashi (RD Congo).

⁴ Laboratoire d'Ecologie végétale et Biogéochimie, Université Libre de Bruxelles, avenue F. Roosevelt 50, B-1050 Bruxelles (Belgique).

⁵ Laboratoire de Chimie bio-inspirée et d'Innovations écologiques (ChimEco), Université de Montpellier, Stratoz 3673, Cap Alpha, avenue de l'Europe, F-34830 Clapiers (France).

⁶ Membre de l'Académie; laboratoire d'Ecologie végétale et Biogéochimie, Université Libre de Bruxelles, avenue F. Roosevelt 50, B-1050 Bruxelles (Belgique).

TREFWOORDEN. — Biodiversiteit; Bodem-plantinteracties; Ecologische remediatie; Functionele kenmerken; Functionele plantenecologie; Fytorehabilitatie; Koper; Verontreinigde bodems; Zware metalen.

SAMENVATTING. — *Implicaties van bodem-plantrelaties voor het ecologische herstel van metaalrijke en gedegradeerde habitats en bodems: het geval van koperrijke habitats in Katanga (Democratische Republiek Congo).* — Het ecologische herstel van gedegradeerde habitats en naakte bodems, rijk aan zware metalen ten gevolge van mijnbouw, is een belangrijke milieu-uitdaging geworden om de vermindering van de biodiversiteit tegen te gaan en de degradatie van het landschap, de bodem en het water af te remmen. Studies omtrent het ecologische herstel, enkel gebaseerd op de identificatie van soorten zonder rekening te houden met de functionele eigenschappen van de planten, zijn begrensd tot de regionale pool van species, en bemoeilijken de interpretaties en toepassingen in diverse ecologische contexten. Het vergelijken van de functionele eigenschappen van planten op metaalhoudende, niet-aangetaste habitats en deze op een gradiënt van opeenvolgende secundaire habitats, maken het mogelijk om kenmerken te definiëren die verband houden met hun capaciteit om kale gronden, verrijkt met zware metalen, te koloniseren. Deze eerste poging om de eigenschappen van habitats verrijkt met zware metalen te analyseren laat toe kenmerken te identificeren van planten geschikt voor fytoremediatie. Het is één van de uitdagingen voor de toekomst nieuwe, functionele ecosystemen te identificeren die voor deze naakte, met zware metalen verontreinigde bodems werkzaam zijn door het bevorderen van het behoud van de biodiversiteit en van de ecosystemendiensten belast met de bescherming van bodem en water. Deze benadering zal het nodig maken om voor fytoremediatie geselecteerde soorten afkomstig uit secundaire habitats te associëren met deze uit primaire habitats rijk aan zware metalen.

KEYWORDS. — Copper; Ecological Engineering; Soil-Plant Interactions; Heavy Metals; Functional Plant Traits.

SUMMARY. — *Implications of Soil-Plant Relationships in Ecological Engineering of Degraded Metalliferous Habitats and Soils: The Case of Copper-rich Habitats in Katanga (Democratic Republic of Congo).* — Ecological restoration of degraded metalliferous habitats and bare soils created by mining activity have now become a major environmental concern to reduce erosion of biodiversity and degradation of landscape, soil and water. Studies based on species identification for restoration purposes without reference to plant traits are limited to local pools of species, which makes the interpretation and applications in various ecological contexts rather difficult. Analysis of functional plant traits in degraded primary habitats and along a successional gradient in secondary habitats leads to the definition of traits associated with the colonization of secondary habitats and the identification of potential traits for appropriate species selection for phytoremediation of metal-rich bare soils. One of the future challenges is to create new functional ecosystems on bare soils contaminated by heavy metals by promoting ecosystem services such as biodiversity conservation and soil and water protection.

**Quelles solutions pour faire face à l'érosion de la biodiversité
des affleurements de roches de cuivre et à la dégradation des paysages,
des sols et de l'eau par les activités minières ?**

Les sols enrichis naturellement en métaux lourds représentent des habitats très contraignants pour la végétation. Des affleurements naturels de roches très riches en cuivre et cobalt sont exceptionnels à la surface de la Terre et constituent des anomalies géochimiques (POURRET *et al.* 2016). La colonisation de tels affleurements par des communautés végétales adaptées, diversifiées et riches en espèces, est une singularité biogéographique et écologique du Katanga (DUVIGNEAUD & DENAEYER-DE SMET 1963, BROOKS & MALAISSE 1985). Ces affleurements se présentent sous forme de collines portant une végétation herbacée dispersée dans la forêt claire. La flore de ces habitats primaires naturellement riches en Cu est composée d'environ six cents espèces dont trente-deux espèces endémiques strictes (FAUCON *et al.* 2010).

La physionomie générale de la végétation des affleurements de cuivre est une succession de communautés du haut vers le bas de l'affleurement métallifère. Au sommet, une communauté d'espèces chasmophytiques sur des blocs de roche siliceuse cellulaire peu minéralisés (concentration en cuivre entre 250 et 900 mg/kg), suivie d'une steppe sur la partie supérieure des affleurements où les concentrations en Cu sont les plus fortes (entre 3 500 et 100 000 mg/kg) et une savane steppique au pied de la colline avec des concentrations en cuivre moindres (entre 1 000 et 3 500 mg/kg), appelée aussi dembo d'empoisonnement (fig. 1) (DUVIGNEAUD & DENAYER-DE SMET 1963, SELECK *et al.* 2013). Les espèces de la flore du cuivre présentent des adaptations physiologiques remarquables pour tolérer et parfois accumuler les métaux contenus dans le sol (CHIPENG *et al.* 2010, FAUCON *et al.* 2012). Cependant, l'industrie minière endommage sévèrement les écosystèmes et, au-delà de la perte en biodiversité qu'une telle activité entraîne, elle constitue un véritable risque pour la santé publique (BANZA *et al.* 2009, CHEYNS *et al.* 2014). Ces risques environnementaux sont davantage accentués dans les climats tropicaux étant donné que le transfert des métaux lourds est accéléré par l'intense ruissellement et l'érosion hydrique influencée par les précipitations abondantes (au Katanga, 1 300 mm de précipitations par an principalement concentrés pendant les cinq mois de la saison des pluies, MALAISSE 1974) et par l'érosion éolienne pendant la saison sèche. Le Katanga, en raison de son sous-sol exceptionnellement riche en minerais de Cu, Co, U, est l'une des régions du monde affectées par l'exploitation minière, ce qui engendre une augmentation importante des surfaces de sols contaminés (VRANKEN *et al.* 2013, MEES *et al.* 2013).

Actuellement, la majorité des espèces endémiques métallophytes sont considérées comme des espèces en danger critique d'extinction (FAUCON *et al.* 2010). Cependant, elles représentent un patrimoine biologique remarquable, d'autant plus qu'elles sont maintenant considérées comme des éléments clés pour le

développement de technologies vertes visant à fixer ou dépolluer des sols contaminés en métaux. Un des défis actuels majeurs est de conserver ces métallobytophytes et de les utiliser afin de développer des techniques de phytoremédiation performantes comprenant deux principaux procédés : la phytostabilisation et la phytoextraction.



Fig. 1. — Vue générale d'un affleurement de roches de Cu et Co (à gauche) et savane steppique de pente (à droite) (<http://www.copperflora.org>).

La phytostabilisation consiste à réduire la mobilité des métaux dans le sol contaminé et leur transfert par l'installation d'un couvert végétal permanent et par des amendements organiques et minéraux au sol (SHUTCHA *et al.* 2010, ASENSIO *et al.* 2014).

La phytoextraction consiste à extraire les métaux du sol via leur accumulation dans la partie aérienne des plantes qui est ensuite récoltée et minéralisée (MCGRATH *et al.* 2002). Ce procédé suscite un regain d'intérêt grâce aux innovations récentes en chimie verte qui cherche à valoriser les métaux issus de la biomasse des végétaux cultivés sur sol contaminé en tant que catalyseur des réactions de synthèse organique de molécules d'intérêt (ESCANDE *et al.* 2015, GRISON *et al.* 2015).

Le développement et l'amélioration des procédés de phytoremédiation des sols contaminés par les métaux lourds du sud-est de l'Afrique centrale passent par la mise en évidence des traits des végétaux parmi les six cents espèces présentes sur les habitats métallifères du Katanga, primaires (affleurements de roches de Cu) et secondaires (créés par l'activité minière) (LETEINTURIER *et al.* 1999). Ceci en examinant leur intérêt pour la phytoremédiation, à savoir les traits liés à la colonisation des habitats secondaires, au maintien de la végétation pendant la saison sèche (c.-à-d. pérenne), au développement de la végétation pendant la saison sèche, au mode de reproduction (multiplication latérale par reproduction végétative ou non), au degré de tolérance au cuivre et au cobalt et à la capacité ou non à accumuler du Cu et Co dans la partie aérienne de la plante. Cette approche en écologie fonctionnelle appliquée permet de fournir une liste de traits candidats à la phytostabilisation et la phytoextraction sans avoir nécessairement besoin de toutes les connaissances taxonomiques et floristiques et transposables dans les différents contextes pédoclimatiques de la région du sud-est de l'Afrique centrale.

Analyse des traits fonctionnels, adaptatifs et chimiques des végétaux des sols métallifères du Katanga, une approche innovante pour définir les procédés de phytostabilisation et de phytoremédiation

L'étude de comparaison des traits des végétaux entre les habitats primaires et secondaires d'âges différents (> 5 ans et > 30 ans) a permis de mettre en évidence les traits spécifiques aux végétations des habitats primaires associés aux espèces pérennes présentant (ILUNGA *et al.* 2015) une capacité élevée de propagation latérale (par reproduction végétative), des xylopoies (plantes à tronc ligneux souterrain, renouvelant toutes leurs tiges chaque année), un système souterrain profond inférieur à 30 cm et chez certaines espèces une phénologie de croissance à la fin de la saison sèche. Les différences importantes de traits fonctionnels entre les habitats primaires et secondaires montrent que les habitats secondaires récents peuvent offrir des conditions favorables à la colonisation des plantes et permettre d'identifier les traits les plus appropriés pour initier la revégétalisation des sols nus contaminés par les métaux lourds (ILUNGA *et al.* 2015). Les principaux traits impliqués dans la recolonisation d'habitats métallifères secondaires sont les suivants: cycle de vie annuel, phénologie de croissance durant la saison des pluies, système souterrain de 0-10 cm, banque de bourgeon par graines, taille des dispersules < 2 mm × 2 mm et mode de dispersion par adhésion. Ces traits doivent donc être considérés comme les principaux candidats à la revégétalisation des sols nus créés par l'activité minière afin de restaurer les paysages dégradés des zones minières du sud-est de l'Afrique centrale, et notamment du Haut-Katanga. Cependant, les espèces sélectionnées présentant cet ensemble de traits pour réaliser la revégétalisation post-minière (ex. *Bulbostylis pseudoperennis* Goetgh., *Haumaniastrum katangense* (S. Moore) P. A. Duvign. & Plancke, *Crepidorhopalon tenuis* (S. Moore) Eb. Fisch.) ne permettent pas de restaurer un écosystème composé d'une diversité fonctionnelle élevée, ni d'assurer le rôle à part entière de la phytostabilisation qui est de réduire la mobilité et le transfert des métaux lourds pendant les deux saisons de l'année. En effet, le transfert des métaux lourds par érosion éolienne n'est pas réduit par ce type de végétation, composée essentiellement d'espèces annuelles qui ne survivent pas pendant la saison sèche (durée de cinq mois). Un système souterrain et aérien non permanent durant les deux saisons n'est pas favorable à la réduction du ruissellement et de l'érosion hydrique et éolienne et ainsi du transfert des métaux lourds vers d'autres milieux. Une des priorités pour la restauration des habitats et sols métallifères dégradés serait d'intégrer à ces végétations secondaires certaines fonctions et traits mis en évidence dans les habitats primaires, tels que les graminées cespitueuses à propagation latérale favorisant un couvert dense et permanent (ex. *Loudetia simplex* (Nees) C.E. Hubb., *Tristachya bequaertii* De Wild., *Andropogon schirensis* Hochst., ex-A. Rich.). Cette approche permettrait de créer un nouvel écosystème fonctionnel présentant des services écosystémiques pour la conservation de la biodiversité et la protection des sols.

Cependant, les espèces sélectionnées offrant cet ensemble de traits associés à la colonisation des habitats secondaires ainsi que les espèces pérennes présentées précédemment pour améliorer la performance des procédés de phytoremédiation doivent être hautement tolérantes au Cu et au Co étant donné que les sols nus métallifères peuvent présenter des conditions plus extrêmes que les habitats primaires (sécheresse et concentrations en Cu disponibles plus élevées). Une tolérance au Cu élevée a été montrée chez *Crepidiorhpalon tenuis* (FAUCON *et al.* 2012a), *Haumaniastrum katangense* (CHIPENG *et al.* 2010), *Microchoa altera* (Rendle) Stapf. (SHUTCHA *et al.* 2010) et *Anisopapus chinensis* (L.) Hook. (LANGE *et al.* 2016) qui présentent toutes un potentiel élevé pour la phytostabilisation. Néanmoins, la phytostabilisation des sols hautement contaminés par les poussières atmosphériques des fonderies pouvant atteindre 10% du Cu total dans le sol nécessite des amendements organiques et chaulants afin de réduire la mobilité et la disponibilité du Cu en augmentant le pH du sol et en apportant de la matière organique qui adsorbe le Cu (SHUTCHA *et al.* 2015). Cette baisse de disponibilité du Cu dans le sol a permis de diminuer la toxicité du milieu de manière suffisante pour favoriser le développement de *Microchloa altera* plantée dans le cadre du premier essai de phytostabilisation *in situ* en Afrique tropicale (SHUTCHA *et al.* 2015, fig. 2).



Fig. 2. — Dispositif expérimental *in situ* de trois ans d'un essai de phytostabilisation de sols contaminés par les poussières d'une fonderie de cuivre (photo M. Shutcha, 2012). Seize pieds de *Microchloa altera* ont été plantés par m² en 2009 sur le site Penga-Penga contaminé en Cu, situé à proximité de la cheminée de la fonderie de la Gécamines à Lubumbashi (RD Congo).

Parmi les espèces candidates à la revégétalisation et à la phytostabilisation, certaines présenteraient des traits chimiques de leur partie aérienne particuliers. En effet, environ trente espèces sont considérées comme hyperaccumulatrices de Cu et de Co (REEVES & BAKER 2000), c'est-à-dire qu'elles présentent des

concentrations élevées en Cu et en Co dans leur partie aérienne nettement supérieures aux plantes normales (> 300 mg/kg), sans montrer de symptômes de chlorose et de ralentissement de la croissance (FAUCON *et al.* 2007, VAN DER ENT *et al.* 2013). Cette hyperaccumulation du Cu et du Co confère un intérêt pour la phytoextraction. Cependant, il existe des variations élevées des teneurs accumulées en Cu/Co chez les cuprophytes du Katanga (LANGE *et al.* 2014). Celles-ci s'expriment à différentes échelles révélant ainsi des variations entre les espèces, les populations, et également entre les individus (LANGE *et al.* 2014, FAUCON *et al.* 2009). Cette variation s'expliquerait par la variabilité des mécanismes de tolérance aux métaux lourds (exclueur, indicateur ou hyperaccumulateur), par la variabilité des propriétés du sol influençant la disponibilité en Cu et Co (LANGE *et al.* 2014, POURRET *et al.* 2015) et par la variation génétique intra et interpopulationnelle de la capacité à accumuler le Cu et le Co (FAUCON *et al.* 2012, PENG *et al.* 2012, LANGE *et al.* 2017). Les études en conditions contrôlées ont permis de mettre en lumière les mécanismes de tolérance (exclueur, indicateur et hyperaccumuleur) des supposées hyperaccumulatrices de Cu et de Co. Il a été montré que *Crepidorhopalon tenuis* (C. t) (FAUCON *et al.* 2012a) et *Haumaniastrum katangense* (H. k) (CHIPENG *et al.* 2010) présenteraient un mécanisme d'exclueur, c.-à-d. que le Cu reste en partie bloqué dans les racines. Ainsi, les concentrations en Cu dans les racines sont plus élevées que dans la partie aérienne. Les populations non tolérantes ou les moins tolérantes au Cu possèdent donc des concentrations plus élevées dans la partie aérienne que les populations tolérantes (FAUCON *et al.* 2012b). Ces espèces, considérées auparavant comme hyperaccumulatrices de Cu, n'ont plus d'intérêt pour la phytoextraction malgré des concentrations en Cu supérieures à 300 mg/kg dans la partie aérienne de quelques individus *in natura*. Cependant, il a été montré chez *Anisopappus chinensis* (A. c) que l'accumulation du Cu dans la partie aérienne de la plante augmentait vis-à-vis des concentrations en Cu disponibles dans le sol (fig. 3) (LANGE *et al.* 2016). Comme cette espèce est pérenne et présente en moyenne une biomasse aérienne quarante fois plus élevée que la plupart des espèces pionnières des habitats secondaires (moyenne par individu A. c de 2 g de MS, moyenne des espèces annuelles pionnières = 0,05 g), elle constitue une candidate idéale pour la phytoextraction des sols contaminés en Cu et pour la réduction du transfert des métaux lourds par érosion éolienne et hydrique puisqu'elle offre un couvert permanent pendant les deux saisons et présente un système racinaire fasciculé qui peut atteindre 20 cm de profondeur.

Cependant, la phytoextraction de sols extrêmement contaminés comme ceux contaminés par les poussières atmosphériques des fonderies (dont les quantités totales en Cu peuvent atteindre 1 à 10% de Cu dans le sol) est une utopie; des milliers d'années seraient nécessaires pour phytoextraire ces sites à partir des hyperaccumulatrices de Cu présentant une productivité de biomasse au m² d'environ 20 à 50 g/m². La phytoextraction de ces sols contaminés aurait

néanmoins un intérêt si elle était associée à une valorisation de la biomasse et des quantités de Cu accumulées dans de nouvelles technologies intégrant le recyclage des métaux à partir de déchets, de sédiments et de sols contaminés (GRISON 2015). La valorisation de certains métaux lourds accumulés dans la biomasse issue d'un procédé de phytoextraction est possible en chimie verte. Il a été démontré que les Zn, Ni, Mn et Cu phytoextraits pouvaient être substitués aux métaux issus de la métallurgie en tant que catalyseurs de réactions de synthèse organique de molécules d'intérêt et augmentaient même le rendement de ces réactions (GRISON 2015, GRISON *et al.* 2015) (fig. 4). Une des perspectives est de créer des systèmes de production de biomasse présentant

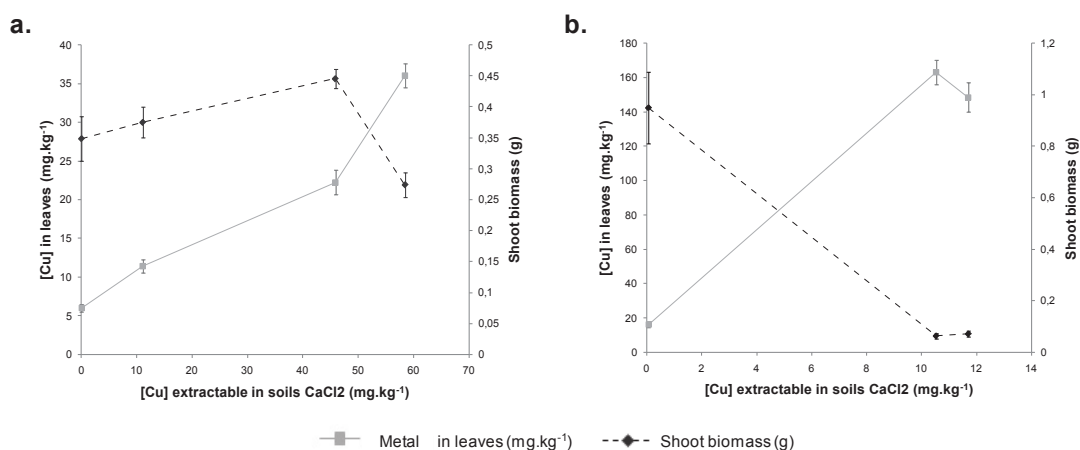


Fig. 3. — Tolérance et accumulation du cuivre (LANGE *et al.* 2016): a. réponse chez *Anisopappus chinensis*; b. réponse chez *Helianthus annuus* (espèce non tolérante au Cu).

De la phytoextraction à l'écocatalyse: une nouvelle ressource de métal pour la chimie verte



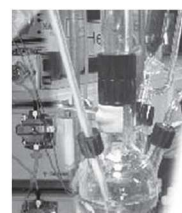
Phytoextraction sur sol contaminé par le cuivre et le cobalt



Récolte et traitement de la biomasse aérienne



Ecocatalyseurs Eco-M[®]



Ecocatalyse pour la synthèse organique

Fig. 4. — Concept général de la transformation des biomasses des hyperaccumulatrices de métaux en catalyseurs (GRISON *et al.* 2015).

des concentrations élevées en Cu qui seraient composés de plusieurs espèces et fonctions afin d'augmenter l'approvisionnement en Cu de cette potentielle nouvelle filière en chimie verte et l'efficacité de la phytoremédiation (en diminuant le risque de transfert des métaux lourds vers d'autres milieux et vers les populations humaines).

Conclusion

La biodiversité végétale des sols naturellement riches en métaux lourds et de certains sols contaminés par les activités minières et sidérurgiques dans les contextes climatiques où le développement des végétaux est favorable, constitue un patrimoine biologique remarquable et s'assemble en offrant de nombreux services écosystémiques dans la conservation de la biodiversité et la protection des sols et de l'eau. Un des futurs défis serait de conserver cette biodiversité végétale en créant de nouveaux écosystèmes fonctionnels diversifiés en espèces sur les sols nus contaminés par les métaux lourds.

BIBLIOGRAPHIE

- ASENSIO, V., VEGA, F. A. & COVELO, E. F. 2014. Changes in the Phytoavailability of Nutrients in Mine Soils after Planting Trees and Amending with Wastes. — *Water, Air & Soil Pollution*, **225** (6): 1-13.
- BANZA, C. L. N., NAWROT, T. S., HAUFROID, V., DECREE, S., DE PUTTER, T., SMOLDERS, E., KABYLA, B. I., LUBOYA, O. S., ILUNGA, A. N., MUTOMBO, A. M. & NEMERY, B. 2009. High human exposure to cobalt and other metals in Katanga, a mining area of the Democratic Republic of Congo. — *Environmental Research*, **109** (6): 745-752.
- BROOKS, R. R. & MALAISSE, F. 1985. The heavy metal-tolerant flora of southcentral Africa – a multidisciplinary approach. — Rotterdam, Balkema, 167 pp.
- BROOKS, R. R., REEVES, R. D., MORRISON, R. S. & MALAISSE, F. 1980. Hyperaccumulation of copper and cobalt – A review. — *Bull. Soc. Roy. Bot. Belg.*, **113**: 166-172.
- CHEYNS, K., NKULU, C. B. L., NGOMBE, L. K., ASOSA, J. N., HAUFROID, V., DE PUTTER, T., NAWROT, T., KIMPANGA, C. M., NUMBI, O. L., ILUNGA, B. K., NEMERY, B. & SMOLDERS, E. 2014. Pathways of human exposure to cobalt in Katanga, a mining area of the DR Congo. — *Science of the Total Environment*, **490**: 313-321.
- CHIPENG, F. K., HERMANS, C., COLINET, G., FAUCON, M.-P., NGONGO, M., MEERTS, P. & VERBRUGGEN, N. 2010. Copper tolerance in the cuprophyte *Haumaniastrum katan-gense* (S. Moore) P. A. Duvign. & Plancke. — *Plant and Soil*, **328** (1-2): 235-244.
- DUVIGNEAUD, P. & DENAEYER-DE SMET, S. 1963. Cuivre et végétation au Katanga. — *Bull. Soc. Roy. Bot. Belg.*, **96**: 92-231.
- ESCANDE, V., OLSZEWSKI, T. K. & GRISON, C. 2015. From biodiversity to catalytic diversity: How to control the reaction mechanism by the nature of metallophytes. — *Environmental Science and Pollution Research*, **22** (8): 5653-5666.
- FAUCON, M.-P., SHUTCHA, M. N. & MEERTS, P. 2007. Revisiting copper and cobalt concentrations in supposed hyperaccumulators from SC Africa: Influence of washing and metal concentrations in soil. — *Plant and Soil*, **301** (1-2): 29-36.

- FAUCON, M.-P., COLINET, G., MAHY, G., LUHEMBWE, M. N., VERBRUGGEN, N. & MEERTS, P. 2009. Soil influence on Cu and Co uptake and plant size in the cuprophytes *Crepidorhopalon perennis* and *C. tenuis* (Scrophulariaceae) in SC Africa. — *Plant and Soil*, **317** (1-2): 201-212.
- FAUCON, M.-P., MEERSSEMAN, A., SHUTCHA, M. N., MAHY, G., LUHEMBWE, M. N., MALAISSE, F. & MEERTS, P. 2010. Copper endemism in the Congolese flora: A database of copper affinity and conservational value of cuprophytes. — *Plant Ecology and Evolution*, **143** (1): 5-18.
- FAUCON, M.-P., CHIPENG, F., VERBRUGGEN, N., MAHY, G., COLINET, G., SHUTCHA, M., POURRET, O. & MEERTS, P. 2012a. Copper tolerance and accumulation in two cuprophytes of South Central Africa: *Crepidorhopalon perennis* and *C. tenuis* (Linderniaceae). — *Environmental and Experimental Botany*, **84**: 11-16.
- FAUCON, M.-P., TSHILONG, B. M., ROSSUM, F., MEERTS, P., DECOCQ, G. & MAHY, G. 2012b. Ecology and hybridization potential of two sympatric metallophytes, the narrow endemic *Crepidorhopalon perennis* (Linderniaceae) and its more widespread congener *C. tenuis*. — *Biotropica*, **44** (4): 454-462.
- GRISON, C. 2015. Combining phytoextraction and ecocatalysis: A novel concept for greener chemistry, an opportunity for remediation. — *Environmental Science and Pollution Research*, **22** (8): 5589-5591.
- GRISON, C., ESCANDE, V., GAREL, C., VELATI, A., RENARD, B. L. & PETIT, E. 2015. Phyto-extracted mining wastes for ecocatalysis: Eco-Mn®, an efficient and eco-friendly plant-based catalyst for reductive amination of ketones. — *Green Chemistry*, **17** (4): 2188-2199.
- ILUNGA WA ILUNGA, E., SELECK, M., COLINET, G., FAUCON, M.-P., MEERTS, P. & MAHY, G. 2013. Small-scale diversity of plant communities and distribution of species niches on a copper rock outcrop in Upper Katanga, DR Congo. — *Plant Ecology and Evolution*, **146** (2): 173-182.
- ILUNGA WA ILUNGA, E., MAHY, G., PIQUERAY, J., SELECK, M., SHUTCHA, M., MEERTS, P. & FAUCON, M.-P. 2015. Plant functional traits as a promising tool for the ecological restoration of degraded tropical metal-rich habitats and revegetation of metal-rich bare soils: A case study in copper vegetation of Katanga, DRC. — *Ecological Engineering*, **82**: 214-221.
- LANGE, B., FAUCON, M.-P., MEERTS, P., SHUTCHA, M., MAHY, G. & POURRET, O. 2014. Prediction of the edaphic factors influence upon the copper and cobalt accumulation in two metallophytes using copper and cobalt speciation in soils. — *Plant and Soil*, **379** (1-2): 275-287.
- LANGE, B., POURRET, O., JITARU, P., MEERTS, P., CANCES, B. & FAUCON, M.-P. 2016. Copper and cobalt mobility and accumulation in a metallophyte as influenced by experimental manipulation of soil factors. — *Chemosphere*, **146**: 75-84.
- LANGE, B., VAN DER ENT, A., BAKER, A. J. M., ECHEVARRIA, G., MAHY, G., MALAISSE, F., MEERTS, P., POURRET, O., VERBRUGGEN, N. & FAUCON, M.-P. 2017. Copper and cobalt accumulation in plants: A critical assessment of the current state of knowledge. — *New Phytologist*, **213**: 537-551.
- LETEINTURIER, B., BAKER, A. J. & MALAISSE, F. 1999. Early stages of natural revegetation of metalliferous mine workings in South Central Africa: A preliminary survey. — *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, **3** (1): 28-41.
- MALAISSE, F. 1974. Phenology of the Zambezi woodland area with emphasis on the miombo ecosystem. — *Phenology and Seasonality Modeling*, **8**: 269-286.

- MCGRATH, S. P., ZHAO, J. & LOMBI, E. 2002. Phytoremediation of metals, metalloids, and radionuclides. — *Advances in Agronomy*, **75**: 1-56.
- MEES, F., MASALEHDANI, M. N. N., DE PUTTER, T., D'HOLLANDER, C., VAN BIEZEN, E., MUJINYA, B. B., POTDEVIN, J.-L. & VAN RANST, E. 2013. Concentrations and forms of heavy metals around two ore processing sites in Katanga, Democratic Republic of Congo. — *Journal of African Earth Sciences*, **77**: 22-30.
- PENG, H., WANG-MULLER, Q., WITT, T., MALAISSE, F. & KUPPER, H. 2012. Differences in copper accumulation and copper stress between eight populations of *Haumaniastrum katangense*. — *Environmental and Experimental Botany*, **79**: 58-65.
- POURRET, O., LANGE, B., HOUBEN, D., COLINET, G., SHUTCHA, M. & FAUCON, M.-P. 2015. Modeling of cobalt and copper speciation in metalliferous soils from Katanga (Democratic Republic of Congo). — *Journal of Geochemical Exploration*, **149**: 87-96.
- POURRET, O., LANGE, B., BONHORE, J., COLINET, G., DECREE, S., MAHY, G., SELECK, M., SHUTCHA, M. & FAUCON, M.-P. 2016. Assessment of soil metal distribution and environmental impact of mining in Katanga (Democratic Republic of Congo). — *Applied Geochemistry*, **64**: 43-55.
- REEVES, R. D. & BAKER, A. J. 2000. Metal-accumulating plants. — *In*: RASKIN, I. & ENSLEY, B. D. (Eds.), *Phytoremediation of toxic metals*. New York, Wiley, pp. 193-221.
- SELECK, M., BIZOUX, J.-P., COLINET, G., FAUCON, M.-P., GUILLAUME, A., MEERTS, P., PIQUERAY, J. & MAHY, G. 2013. Chemical soil factors influencing plant assemblages along copper-cobalt gradients: Implications for conservation and restoration. — *Plant and Soil*, **373** (1-2): 455-469.
- SHUTCHA, M. N., MUBEMBA, M. M., FAUCON, M.-P., LUHEMBWE, M. N., VISSER, M., COLINET, G. & MEERTS, P. 2010. Phytostabilisation of copper-contaminated soil in Katanga: An experiment with three native grasses and two amendments. — *International Journal of Phytoremediation*, **12** (6): 616-632.
- SHUTCHA, M., FAUCON, M.-P., KAMENGWA KISSI, C., COLINET, G., MAHY, G., NGONGO LUHEMBWE, M., VISSER, M. & MEERTS, P. 2015. Three years of phytostabilisation experiment of bare acidic soil extremely contaminated by copper smelting using plant biodiversity of metal-rich soils in tropical Africa (Katanga, DR Congo). — *Ecological Engineering*, **82**: 81-90.
- VAN DER ENT, A., BAKER, A. J., REEVES, R. D., POLLARD, A. J. & SCHAT, H. 2013. Hyper-accumulators of metal and metalloid trace elements: Facts and fiction. — *Plant and Soil*, **362** (1-2): 319-334.
- VRANKEN, I., MUNYEMBA KANKUMBI, F., AMISI MWANA, Y., BAMBA, I., VEROUSTRATE, F., VISSER, M. & BOGAERT, J. 2013. The spatial footprint of the non-ferrous metal industry in Lubumbashi. — *Tropicultura*, **31** (1): 20-27.

Elimination of *Taenia Solium* Cysticercosis through Vaccination of Pigs: A Realistic Option?*

by

Stanny GEERTS**

KEYWORDS. — *Taenia Solium*; Cysticercosis; Elimination; Vaccination; Pigs.

SUMMARY. — *Taenia solium* cysticercosis is a neglected zoonotic disease which is endemic in many developing countries where traditional pig production systems are prevailing. In endemic countries neurocysticercosis is responsible for about 30% of the cases of epilepsy. In the past several attempts were made to control the disease: community mass treatment with taeniocidal drugs, health education, programmes to stimulate the use of latrines, anthelmintic treatment of pigs, improved meat inspection of rural pigs, etc. However, none of these approaches have been very successful. Recently, vaccination of pigs with a recombinant *T. solium* vaccine has been shown to completely eliminate parasite transmission in large field trials in Cameroon and in Peru. The Global Alliance for Livestock Veterinary Medicines (GalvMed) is now financing vaccine production at a large scale so that the vaccine can be made available to the farmers at a reasonable price. The sustainability of such a vaccination programme and whether or not it may lead to the elimination of the parasite will be critically discussed.

TREFWOORDEN. — *Taenia solium*; Cysticercose; Eliminatie; Vaccinatie; Varkens.

SAMENVATTING. — *Eliminatie van Taenia solium cysticercosis door middel van vaccinatie van varkens: een realistische optie?* — *Taenia solium* cysticercosis is een verwaarloosde zoönotische aandoening, die endemisch is in vele ontwikkelingslanden waar varkens op een traditionele manier worden gekweekt. In endemische landen is neurocysticercose verantwoordelijk voor ongeveer 30% van de gevallen van epilepsie. In het verleden werden heel wat pogingen ondernomen om de ziekte onder controle te krijgen: massabehandeling van de bevolking met anthelmintica, gezondheidseducatie, programma's om het gebruik van latrines te stimuleren, ontworming van varkens, verbeterde vleeskeuring in de slachthuizen, enz. Geen enkele van deze aanpakken heeft de verhoopte resultaten opgeleverd. Recent werd echter aangetoond in grootschalige veldtesten in Kameroen en Peru dat vaccinatie van varkens met een recombinant *T. solium* vaccin in staat is de transmissie van de parasiet te elimineren. De 'Global Alliance for Livestock Veterinary Medicines' (GalvMed) financiert momenteel de grootschalige productie van dit vaccin zodat het tegen een redelijke prijs ter beschikking kan gesteld worden van de varkensboeren. De duurzaamheid van zulk een vaccinatieprogramma

* Paper presented at the meeting of the Section of Natural and Medical Sciences held on 28 April 2015. Text received on 26 June 2015 and submitted to peer review. Final version, approved by the reviewers, received on 23 October 2015.

** Member of the Academy.

wordt kritisch geanalyseerd alsook de vraag of dit op termijn al dan niet kan leiden tot de eliminatie van de parasiet.

MOTS-CLES. — *Taenia solium*; Cysticercose; Elimination; Vaccination; Porcs.

RESUME. — *Elimination de la cysticercose à Taenia solium par la vaccination des porcs: une option réaliste?* — La cysticercose à *Taenia solium* est une affection zoonotique négligée, qui est endémique dans de nombreux pays en développement où l'élevage de porcs se fait de manière traditionnelle. Dans les pays endémiques, la neurocysticercose est responsable d'environ 30% des cas d'épilepsie. Dans le passé plusieurs tentatives ont été entreprises pour contrôler la maladie: traitement de masse au moyen de médicaments téniacides, éducation sanitaire, programmes de construction de latrines, traitement anthelminthique des porcs, amélioration de l'inspection des viandes dans les abattoirs, etc. Aucune de ces mesures n'a été très efficace. Récemment, il a été démontré dans des essais de terrain au Cameroun et au Pérou que la vaccination des porcs avec un vaccin recombinant à base de *T. solium* était capable d'éliminer complètement la transmission du parasite. Actuellement, GalvMed (*Global Alliance for Livestock Veterinary Medicines*) est en train de financer la production du vaccin à grande échelle de sorte qu'il puisse être mis à la disposition des éleveurs à un prix abordable. La durabilité d'un tel programme de vaccination est analysée de façon critique ainsi que la question de savoir s'il peut à terme déboucher sur l'élimination du parasite.

Introduction

Taenia solium cysticercosis is a neglected zoonotic disease, which is endemic in many low- and middle-income countries of Sub-Saharan Africa, Latin America and Southeast Asia where traditional pig production systems are prevailing. The parasite has a complex life cycle (fig. 1). Humans are the only definitive hosts in which the adult tapeworm develops after the ingestion of cysticerci (also called metacestodes) present in raw or undercooked pork. The proglottids and eggs of *T. solium* are eliminated with the faeces. Pigs are the most common intermediate hosts, but dogs and monkeys can also be infected. In the intermediate host the *T. solium* egg develops into a cysticercus in the muscles. In heavy infections the organs and brain can also be involved. Humans may develop cysticercosis after the accidental ingestion of eggs that are present in the environment (particularly in the vicinity of tapeworm carriers), in food or water contaminated by faeces of a *T. solium* carrier or by introduction of eggs from faeces into the mouth by contaminated hands (GEERTS 2015). Neurocysticercosis (NCC) is caused by the presence of cysticerci in the human brain. In *T. solium* endemic countries neurocysticercosis is responsible for about 30% of the cases of epilepsy (NDIMUBANZI *et al.* 2010). A joint FAO/WHO expert group ranked *T. solium* first of a list of food-borne parasites of greatest global concern (FAO/WHO 2014). The burden of *T. solium* cysticercosis is for 80 to 95% related to losses due to NCC (hospital, doctor or traditional healer, drugs and wage loss) and for 5 to 20% to pig cysticercosis (an infected pig loses 30 to 50% of its value (ZOLI *et al.* 2003, CARABIN *et al.* 2006, PRAET *et al.* 2009).

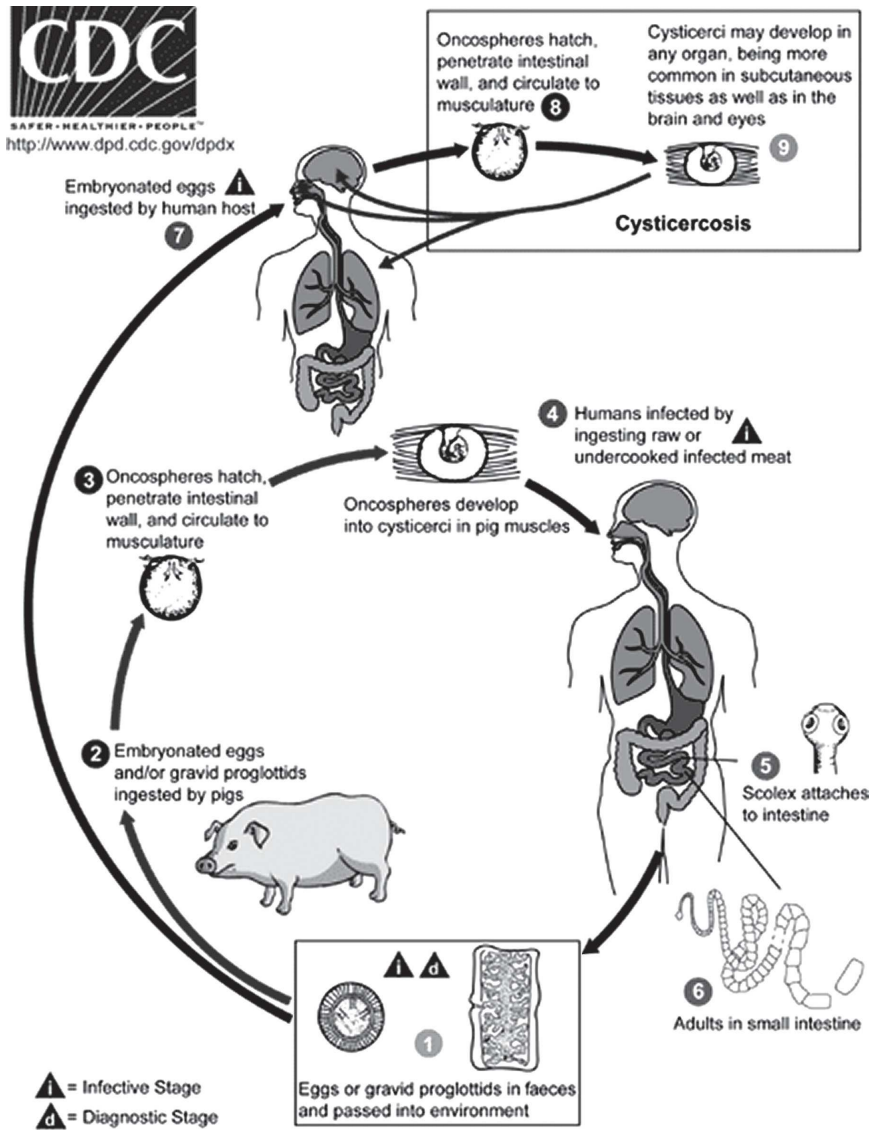


Fig. 1. — Life cycle of *Taenia solium* (CDC 2015).

In this paper a brief overview is given of the possible interventions to control taeniasis-cysticercosis due to *T. solium* with emphasis on the vaccination of pigs. The sustainability of such a vaccination programme and whether or not it may lead to the elimination of the parasite will be critically discussed.

Possible Interventions for the Control of Taeniasis-Cysticercosis at Human Level

Table 1 summarizes the possible interventions for the control of taeniasis-cysticercosis at human and porcine level. At the level of the definitive host several options are available. Mass treatment using niclosamid or praziquantel was evaluated by several authors (CRUZ *et al.* 1989, ALLAN *et al.* 1997, DIAZ-CAMACHO *et al.* 1991, SARTI *et al.* 2000) with varying results ranging from almost no effect (SARTI *et al.* 2000) to highly effective (CRUZ *et al.* 1989). The equivocal outcomes of mass taeniocide treatment as a stand-alone measure are probably the result of insufficient coverage of the population (in order to be fully effective 100% of the population should be covered) and/or unsafe disposal of expelled tapeworms (since the currently available taeniocides are not ovicidal, the expelled worms should be destroyed). Furthermore, re-infection of treated persons is possible after consumption of infected pork. Another disadvantage of mass drug administration programmes is the risk of development of anthelmintic resistance (GEERTS & GRYSSELS 2000). Despite the difficulties related to mass or targeted treatment of tapeworm carriers, the epidemiological basis of removing carriers from the population is undeniable (THOMAS 2015).

Table 1

Possible interventions for the control of *T. solium* taeniasis-cysticercosis

At pig's level	At human level
<ul style="list-style-type: none"> • Anthelmintic treatment • Improved husbandry • Slaughterhouse control • Vaccination 	<ul style="list-style-type: none"> • Anthelmintic treatment • Cooking or freezing meat • Improved hygiene and sanitary facilities • Health education

A simple measure to avoid human taeniasis is heat or cold treatment of pork. Cysticerci are killed if the meat reaches a core temperature of 80 °C or if it is kept for ten days at – 10 °C or equivalent (OIE 2015). In many cysticercosis endemic areas, freezers are often not available, but meat is usually well cooked. Unfortunately, pork is often consumed under grilled or fried form (brochettes or *porc braisé*), which is not sufficiently heated to kill all cysticerci (ASSANA *et al.* 2013). Similarly, at big events such as funerals, where many people come together, it happens that cheap pork is served (*i.e.* pork containing cysticerci) and that the meat is not cooked long enough (Zoli 2009, pers. comm.). It is evident that the correct processing of meat requires appropriate health education programmes resulting in effective and sustained behaviour change.

Community-led total sanitation (CLTS) is an innovative community-based sanitation programme pioneered in 1999 by Kamal Kar (KAR & PASTEUR 2005), which aims at reducing open-air defecation in rural communities through the

construction of pit latrines. In order to test whether CLTS would be able to control *T. solium* cysticercosis, a preliminary trial was carried out in a hyper-endemic region in Zambia (BULAYA *et al.* 2015). Pre- and post-intervention (eight months later) assessment in nine villages showed that there was no difference in the prevalence of porcine cysticercosis. A significant increase in the number of latrines in the study villages was observed, but many newly-constructed latrines were not used. Anthropological surveys showed that men expressed reluctance to abandon open-air defecation mainly because of toilet-associated taboos with in-laws and grown-up children of the opposite gender (THYS *et al.* 2015).

A few research teams (NGOWI *et al.* 2008, 2009; SARTI *et al.* 1997) assessed the value of health education interventions to control *T. solium* taeniasis-cysticercosis. As shown in table 2 some changes in behaviour could be obtained, but as a stand-alone measure health education will not be able to fully control the parasite. Recently, a promising computer-based *T. solium* education tool “The vicious worm” has been developed to provide evidence-based knowledge about prevention and control of *T. solium* cysticercosis for different target groups (JOHANSEN *et al.* 2014). The “vicious worm” programme can be downloaded for free at www.theviciousworm.org and is currently being assessed for its efficacy in knowledge uptake, cultural acceptability, and compliance in different test groups.

Table 2

Results of a health education intervention* to control *T. solium* taeniasis-cysticercosis in a rural Mexican village (SARTI *et al.* 1997)

Changes in behaviour (%)	Before	Immediately after	6 months later
• Defecation outdoors	49.3	43.3	39
• Pigs allowed to roam freely	22	ND	11**
• Consumption of infected pork within past six months	5.5	ND	0.7

* Intervention (posters, videos) during six months: training of teachers, house-to-house visits, meeting with target groups (housewives, farmers).

** Significant decrease; ND: not done.

Possible Interventions for the Control of *T. Solium* Cysticercosis at Pig’s Level

Porcine cysticercosis can be controlled by improving husbandry practices and slaughterhouse control, by anthelmintic treatment or by vaccination. A very effective method to control cysticercosis is to confine the pigs instead of letting them free roaming in the environment. Confined pigs run also less risk of other disease such as African swine fever. Unfortunately, in many cysticercosis endemic areas pig raising is a zero- or low-input activity and pig owners usually

don't have the financial means to construct pigsties and to buy pig feed (ASSANA *et al.* 2013). These economic barriers make pig confinement an unrealistic strategy at short term, although it should still remain part of long-term control strategies (THOMAS 2015).

In many developing countries porcine cysticercosis control is carried out by tongue inspection on markets or at slaughter. However, it is well known that tongue inspection detects only the heavily infected pigs (DORNY *et al.* 2004). Similarly, meat inspection has a sensitivity of only 22.1% (DORNY *et al.* 2004). Furthermore, in a lot of cysticercosis endemic areas a high percentage of pigs are slaughtered outside the abattoir without any veterinary supervision. Although its efficacy in the control of porcine cysticercosis is limited, improved meat inspection of slaughtered pigs will assist with the control of other food-borne diseases and should be encouraged.

A single dose of oxfendazole (OFZ, 30 mg/kg) is highly effective against porcine cysticercosis and kills all cysticerci in the muscles (GONZALEZ *et al.* 1997). Infected and treated pigs are resistant against re-infection for at least four months. The drug is now registered as Paranthic[®] (produced by M.C.I. *Santé Animale* in Morocco) for use in pigs. The cost for treating a pig of 30 kg is about 0.5 USD, which makes it an interesting tool for the small-scale pig owner. PONDJA *et al.* (2012) used OFZ to control porcine cysticercosis in a highly endemic area of Mozambique. At the end of the study when the pigs were twelve months old, 66.7% of the controls were found seropositive by an antigen detection ELISA, whereas 21.4% of the pigs treated at four months old and 9.1% of the pigs treated at an age of nine months were seropositive, respectively. Although this is a promising result, the strategic use of OFZ cannot be used as a stand-alone approach because in highly endemic areas a certain number of animals will inevitably get infected after the last treatment and before slaughter (PONDJA *et al.* 2012).

More details about the pros and cons of the various intervention tools discussed above can be found in the reviews by LIGHTOWLERS *et al.* (2013) and THOMAS (2015).

Vaccination against Porcine Cysticercosis

Although several immunogens have been tested as vaccines against *T. solium* cysticercosis in pigs (for a review see LIGHTOWLERS *et al.* 2003, SCIUTTO *et al.* 2008), the most effective one today is the recombinant oncosphere antigen of *T. solium* designated TSOL18. Controlled experimental vaccine trials using TSOL18 have been undertaken in three different countries (Cameroon, Mexico, Peru) achieving a protection level of 99.5 to 100% (FLISSER *et al.* 2004, GONZALEZ *et al.* 2005). Two large-scale field trials have confirmed these excellent results. In a first field trial in Cameroon two hundred and forty piglets were distributed in matched pairs (one vaccinated and one control) in one hundred

and fourteen selected pig farms. Table 3 shows the vaccination schedule and the results of the Cameroonian trial. Simultaneously with the second vaccine, oxfendazole was administered to the pigs because the vaccine is only effective against new infections and does not kill cysticerci which are already present in the pig. None of the vaccinated pigs harboured any cysticerci while 19.6% of the control pigs were infected (ASSANA *et al.* 2010).

Table 3

Field trial using TSOL18 recombinant antigen in Cameroon (ASSANA *et al.* 2010)

	Vaccinated pigs (n = 120)	Control pigs (n = 120)
• First vaccine (at age of 2-3 months)	+	–
• Second vaccine + OFZ* (4 weeks later)	+	OFZ
• Third vaccine (three months later)	+	–
• Autopsy (ten months after 1st vaccine)	0% infected	19.6% infected

* OFZ: oxfendazole 30 mg/kg.

A second field trial in Peru confirmed these results. In this experiment the recombinant vaccine contained a mixture of TSOL18 and TSOL16. The piglets were vaccinated twice with one-month interval and without OFZ treatment. At the autopsy seven months after the first vaccination the vaccinated pigs showed a reduction of 99.9% of the number of viable cysts as compared to the control group (JAYASHI *et al.* 2012). LIGHTOWLERS (2013) compared three potential intervention scenarios for the control of cysticercosis in pigs, using either oxfendazole or vaccination. A control scenario involving vaccination plus oxfendazole treatment delivered at four-month intervals was predicted to achieve the best outcome, with no pigs slaughtered at twelve months of age having viable *T. solium* cysticerci.

Currently, the TSOL18 vaccine is produced on a large scale by Indian Immunologicals Limited with sponsoring of the Global Alliance for Livestock Veterinary Medicines, a private public partnership (GalvMed; www.galvmed.org) so that the vaccine can be made available to farmers at a reasonable price. The price of one dose of the vaccine is estimated at 0.1 USD (The Pigsite 2015). Two doses of the vaccine in combination with an OFZ treatment (0.5 USD) will cost 0.7 USD in total.

Some Critical Issues concerning Vaccination as a Tool for the Elimination of *T. Solium* Cysticercosis

TSOL18 VACCINE

Before the vaccine can be used, it should be officially registered. GALVmed is currently continuing together with Indian Immunologicals Limited towards registration of the vaccine in India. After country or manufacture registration,

it will be much simpler to get registration in other countries. Another problem which has to be solved is the number of vaccine doses needed and the duration of the immunity induced by the vaccine. Based on the available data two doses of the vaccine given with one-month interval protect the pigs for at least five months (JAYASHI *et al.* 2012). Ideally, one vaccine dose should protect the pigs during their whole life (in many traditional pig-breeding areas where pigs are free roaming, the life of a slaughter pig is about twelve months). This might be possible by using delayed- or pulse-release vaccine formulations or by using live recombinant vaccine vectors such as *Salmonella* (LIGHTOWLERS 2010).

SUSTAINABILITY OF A VACCINATION PROGRAMME

An important question concerning the sustainability of a vaccination programme is: who will pay for the vaccine? The pig owner or the government? The answer to this question depends on the fact whether or not the vaccine is considered as a public or a private good where the benefits go to the society or to the individual farmer, respectively. In the case of the TSOL18 vaccine the benefits go to both of them. The pig owner benefits because he/she avoids economic losses due to the decreased value of a pig carcass infected with cysticercosis (30 to 50% of its value). The benefits to the society are the decrease and eventually the disappearance of *T. solium* tapeworm carriers and in the long term the disappearance of neurocysticercosis. As mentioned earlier, the disease burden of *T. solium* is related for 80 to 95% to NCC and only 5 to 20% to porcine cysticercosis. This is a sufficient justification for a government to fund a vaccination campaign against *T. solium* cysticercosis.

In some countries, however, pig owners might be prepared to pay for the TSOL18 vaccine in combination with OFZ if the price is affordable as was shown by face-to-face interviews with pig owners in Cameroon (Assana 2011, pers. comm.), although other researchers reported that people were not prepared to pay for the vaccine even in an area that was hyperendemic for *T. solium* taeniasis-cysticercosis (BARDOSH *et al.* 2014). Reports indicate that a retail price of around one USD per dose is an acceptable limit for smallholder farmers to be able to purchase the vaccine (PEDERSEN *et al.* 2000). The current estimation of the price of the TSOL18-OFZ combination is lower than this.

IS ELIMINATION OF *T. SOLIUM* POSSIBLE BY USING VACCINATION OF PIGS?

Although taeniasis-cysticercosis by *T. solium* has been considered an eradicable disease (SCHANTZ *et al.* 1993), there are serious doubts whether eradication, *i.e.* the permanent reduction to zero of the worldwide incidence of an infection, is possible (PAWLOWSKI *et al.* 2005). However, elimination, *i.e.* the reduction to zero of the incidence of a disease in a defined geographical area (MOLYNEUX *et al.* 2004), might be possible. Using a combination of the TSOL18 vaccine

and OFZ it should be theoretically possible to get rid of *T. solium*. The time needed to achieve elimination will depend on the longevity of the adult worm of *T. solium*, which is estimated at one to three years (LIGHTOWLERS 2010). New cases of taeniasis will not develop because there are no infected pigs anymore. The impact of this approach on the incidence of neurocysticercosis will be slow and depends on the survival of *T. solium* eggs in the environment, which is not well known.

Elimination of *T. solium* taeniasis-cysticercosis will be reached faster if vaccination + OFZ treatment of pigs is combined with the treatment of tapeworm carriers (mass or targeted treatment). The success of this approach will depend on the coverage of the mass treatment (should be near to 100%) or the efficacy to detect all tapeworm carriers in case of a targeted treatment. Furthermore, the expelled tapeworms should be destroyed because none of the available anthelmintics is ovicidal, which means that *T. solium* eggs remain viable and infective after expulsion. In order to keep the region free of *T. solium*, it will be necessary first to control and eventually treat any newcomers to the region, which might be tapeworm carriers and secondly to avoid that people living in the region visit neighbouring regions where transmission of *T. solium* is still ongoing and infect themselves by eating pork with cysticerci. From the foregoing it can be concluded that elimination of *T. solium* is theoretically possible, but that it will not be easy to achieve.

ONE HEALTH APPROACH

T. solium taeniasis-cysticercosis is a typical example of a parasitic zoonosis for which the control and eventual elimination will absolutely benefit from a “one health” approach, *i.e.* multiple interventions in the field of human, animal and ecosystem health implemented simultaneously across sectors and supported by appropriate health education tools (JOHANSEN *et al.* 2014, WHO 2015a). Based on a *T. solium* transmission model (KYVSGAARD *et al.* 2007) and on available evidence in the literature the WHO recommends that a combined approach utilizing the treatment of human taeniasis cases (through mass drug administration or selective chemotherapy) combined with the vaccination (TSOL18) and treatment of the porcine host (oxfendazole 30mg/kg) is currently the ‘best-bet’ option for rapid reduction of infection pressure. This core approach should be supplemented by supporting measures such as health education and followed by measures requiring fundamental social changes including improved meat inspection, improved husbandry and improved sanitation (WHO 2015b). Intensive sensitization campaigns aiming to get full community commitment will be essential in order to achieve successful and sustainable control of this complex and socially determined zoonotic disease (BARDOSH *et al.* 2014).

The WHO is strongly committed to battle cysticercosis. A pilot control programme using the above-mentioned approach will be evaluated in six countries.

WHO, in close collaboration with FAO and OIE, will assist these six endemic countries (Madagascar, Ivory Coast, Brazil, China, Peru and Vietnam) to “bring the disease to its knees” (MAURICE 2014).

REFERENCES

- ALLAN, J. C., VELASQUEZ-TOHOM, M., FLETES, C., TORRES-ALVAREZ, R., LOPEZ-VIRULA, G., YURRITA, P., SOTO DE ALFARO, H., RIVERA, A. & GARCIA-NOVAL, J. 1997. Mass chemotherapy for intestinal *Taenia solium* infection: Effect on prevalence in humans and pigs. — *Trans. Roy. Soc. Trop. Med. Hyg.*, **91**: 595-598.
- ASSANA, E., LIGHTOWLERS, M. W., ZOLI, A. P. & GEERTS, S. 2013. *Taenia solium* taeniosis/cysticercosis in Africa: Risk factors, epidemiology and prospects for control using vaccination. — *Vet. Parasitol.*, **195**: 14-23.
- ASSANA, E., KYNGDON, C. T., GAUCI, C. G., GEERTS, S., DORNY, P., DE DEKEN, R., ANDERSON, G. A., ZOLI, A. & LIGHTOWLERS, M. W. 2010. Elimination of *Taenia solium* transmission to pigs in a field trial of the TSOL18 vaccine in Cameroon. — *Int. J. Parasitol.*, **40**: 515-519.
- BARDOSH, K., INTHAVONG, P., XAYAHEUANG, S. & OKELLO, A. L. 2014. Controlling parasites, understanding practices: The biosocial complexity of a One Health intervention for neglected zoonotic helminths in northern Lao PDR. — *Soc. Sci. Med.*, **120**: 215-223.
- BULAYA, C., MWAPE, K. E., MICHELO, C., SIKASUNGA, C., MAKUNGU, C., GABRIEL, S., DORNY, P. & PHIRI, I. 2015. Preliminary evaluation of Community-led Total Sanitation for the control of *Taenia solium* cysticercosis in Katete District of Zambia. — *Vet. Parasitol.*, **207**: 241-248.
- CARABIN, H., KRECEK, R. C., COWAN, L. D., MICHAEL, L., FOYACA-SIBAT, H., NASH, T. & WILLINGHAM, A. L. 2006. Estimation of the cost of *Taenia solium* cysticercosis in Eastern Cape Province, South Africa. — *Trop. Med. Int. Health*, **11**: 906-916.
- CDC 2015. <http://www.cdc.gov/dpdx/cysticercosis/index.html> (accessed on 7 June 2015).
- CRUZ, M., DAVIS, A., DIXON, H., PAWLOWSKI, Z. S. & PROANO, J. 1989. Operational studies on the control of *Taenia solium* taeniasis/cysticercosis in Ecuador. — *Bull. WHO*, **67**: 401-407.
- DIAZ CAMACHO, S. P., CANDIL RUIZ, A., SUATE PERAZA, V., ZAZUETA RAMOS, M. L., FELIX MEDINA, M., LOZANO, R. & WILLMS, K. 1991. Epidemiologic study and control of *Taenia solium* infections with praziquantel in a rural village of Mexico. — *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, **45**: 522-531.
- DORNY, P., PHIRI, I. K., VERCRUYSE, J., GABRIEL, S., WILLINGHAM, A. L., BRANDT, J., VICTOR, B., SPEYBROECK, N. & BERKVEN, D. 2004. A Bayesian approach for estimating values for prevalence and diagnostic test characteristics of porcine cysticercosis. — *Int. J. Parasitol.*, **34**: 569-576.
- FAO/WHO 2014. Multicriteria-based ranking for risk management of food-borne parasites. — Rome, Microbiological Risk Assessment Series, 23. 302 pp.
- FLISSER, A., GAUCI, C. G., ZOLI, A., MARTINEZ-OCANA, J., GARZA-RODRIGUEZ, A., DOMINGUEZ-ALPIZAR, J. L., MARAVILLA, P., RODRIGUEZ-CANUL, R., AVILA, G., AGUILAR-VEGA, L., KYNGDON, C., GEERTS, S. & LIGHTOWLERS, M. W. 2004. Induction of protection against porcine cysticercosis by vaccination with recombinant oncosphere antigens. — *Infect. Immun.*, **72**: 5292-5297.

- GEERTS, S. 2015. Food-borne Cestodes. — *In*: GAJADHAR, A. (Ed.), Food-borne parasites in the food supply web. Occurrence and control. Cambridge, Woodhead Publishing Ltd., pp. 201-220.
- GEERTS, S. & GRYSEELS, B. 2000. Drug resistance in helminths of humans: Current situation and lessons from livestock. — *Clin. Microb. Rev.*, **13**: 207-222.
- GONZALEZ, A. E., FALCON, N., GAVIDIA, C., GARCIA, H. H., TSANG, V. C. W., BERNAL, T., ROMERO, M. & GILMAN, R. H. 1997. Treatment of swine cysticercosis with oxfendazole: A dose-response trial. — *Vet. Rec.*, **141**: 420-422.
- GONZALEZ, A. E., GAUCI, C. G., BARBER, D., GILMAN, R. H., TSANG, V. C., GARCIA, H. H., VERASTEGUI, M. & LIGHTOWLERS, M. W. 2005. Vaccination of pigs to control human neurocysticercosis. — *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, **72**: 837-839.
- JAYASHI, C. M., KYNGDON, C. T., GAUCI, C. G., GONZALEZ, A. E. & LIGHTOWLERS, M. W. 2012. Successful immunization of naturally reared pigs against porcine cysticercosis with a recombinant oncosphere antigen vaccine. — *Vet. Parasitol.*, **188**: 261-267.
- JOHANSEN, M. V., TREVISAN, C., BRAAE, U. C., MAGNUSSEN, P., ERTEL, R. L., MEJER, H. & SAARNAK, C. F. L. 2014. The Vicious Worm: A computer-based *Taenia solium* education tool. — *Trends Parasitol.*, **30**: 372-374.
- KAR, K. & PASTEUR, K. 2005. Subsidy or self-respect?: Community-led total sanitation; an update on recent developments. — Brighton, IDS, Working Paper Series, 257, 62 pp.
- KYVSGAARD, N. C., JOHANSEN, M. V. & CARABIN, H. 2007. Simulating transmission and control of *Taenia solium* infections using a Reed-Frost stochastic model. — *Int. J. Parasitol.*, **37**: 547-558.
- LIGHTOWLERS, M. W. 2010. Eradication of *Taenia solium* cysticercosis: A role for vaccination of pigs. — *Int. J. Parasitol.*, **40**: 1183-1192.
- LIGHTOWLERS, M. W. 2013. Control of *Taenia solium* taeniasis/cysticercosis: Past practices and new possibilities. — *Parasitology*, **140**: 1566-1577.
- LIGHTOWLERS, M. W., COLEBROOK, A. L., GAUCI, C. G., GAUCI, S. M., KYNGDON, C. T., MONKHOUSE, J. L., VALLEJO RODRIGUEZ, C., READ, A. J., ROLFE, R. A. & SATO, C. 2003. Vaccination against Cestode parasites: Anti-helminth vaccines that work and why. — *Vet. Parasitol.*, **115**: 83-123.
- MAURICE, J. 2014. Of pigs and people – WHO prepares to battle cysticercosis. — *Lancet*, **384**: 571-572.
- MOLYNEUX, D. H., HOPKINS, D. R. & ZAGARIA, N. 2004. Disease eradication, elimination and control: The need for accurate and consistent usage. — *Trends Parasitol.*, **20**: 347-351.
- NDIMUBANZI, P. C., CARABIN, H., BUDKE, C. M., NGUYEN, H., QIAN, Y.-J., RAINWATER, E., DICKEY, M., REYNOLDS, S. & STONER, J. A. 2010. A Systematic Review of the Frequency of Neurocysticercosis with a Focus on People with Epilepsy. — *PLoS Negl. Trop. Dis.*, **4** (11): e870 (doi:10.1371/journal.pntd.0000870).
- NGOWI, H. A., CARABIN, H., KASSUKU, A. A., MLOZI, M. R., MLANGWA, J. E. & WILLINGHAM III, A. L. 2008. A health-education intervention trial to reduce porcine cysticercosis in Mbulu District, Tanzania. — *Prev. Vet. Med.*, **85**: 52-67.
- NGOWI, H. A., MLANGWA, J. E. D., MLOZI, M. R. S., TOLMA, E. L., KASSUKU, A. A., CARABIN, H. & WILLINGHAM III, A. L. 2009. Implementation and evaluation of a health-promotion strategy for control of *Taenia solium* infections in northern Tanzania. — *Int. J. Health Prom. Educ.*, **47**: 24-34.

- OIE 2015. Terrestrial Animal Health Code. Chapter 15.3. Infection with *Taenia solium*. — <http://www.oie.int/en/international-standard-setting/terrestrial-code/access-online/>
- PAWLOWSKI, Z., ALLAN, J. & SARTI, E. 2005. Control of *Taenia solium* taeniasis/cysticercosis: From research towards implementation. — *Int. J. Parasitol.*, **35**: 1221-1232.
- PEDERSEN, G., PERMIN, A. & MINGA, U. M. 2000. Possibilities for Smallholder Poultry Projects in Eastern and Southern Africa. — *In: Proceedings Workshop (Morogoro, Tanzania, 22-25 May 2000)*, 139 pp.
- Pigsite (The) 2015. <http://thepigsite.com> (accessed on 12 June 2015).
- PONDJA, A., NEVES, L., MLANGWA, J., AFONSO, S., FAFETINE, J., WILLINGHAM III, A. L., THAMSBORG, S. M. & JOHANSEN, M. V. 2012. Use of Oxfendazole to Control Porcine Cysticercosis in a High-Endemic Area of Mozambique. — *PLoS Negl. Trop. Dis.*, **6** (5): e1651 (doi:10.1371/journal.pntd.0001651).
- PRAET, N., SPEYBROECK, N., MANZANEDO, R., BERKVEN, D., NSAME NFORINWE, D., ZOLL, A., QUET, F., PREUX, P.-M., CARABIN, H. & GEERTS, S. 2009. The Disease Burden of *Taenia solium* Cysticercosis in Cameroon. — *PLoS Negl. Trop. Dis.*, **3** (3): e406 (doi:10.1371/journal.pntd.0000406).
- SARTI, E., SCHANTZ, P. M., AVILA, G., AMBROSIO, J., MEDINA-SANTILLAN, R. & FLISSER, A. 2000. Mass treatment against human taeniasis for the control of cysticercosis: A population-based intervention study. — *Trans. Roy. Soc. Trop. Med. Hyg.*, **94**: 85-89.
- SARTI, E., FLISSER, A., SCHANTZ, P. M., GLEIZER, M., LOYA, M., PLANCARTE, A., AVILA, G., ALLAN, J., CRAIG, P., BRONFMAN, M. & WIJEYARATNE, P. 1997. Development and evaluation of a health education intervention against *Taenia solium* in a rural community in Mexico. — *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, **56**: 127-132.
- SCHANTZ, P. M., CRUZ, M., SARTI, E. & PAWLOWSKI, Z. 1993. Potential eradicability of taeniasis and cysticercosis. — *Bull. Pan Am. Health Org.*, **27**: 397-403.
- SCIUTTO, E., FRAGOSO, G., DE ALUJA, A., HERNANDEZ, M., ROSAS, G. & LARALDE, C. 2008. Vaccines against cysticercosis. — *Curr. Top. Med. Chem.*, **8**: 415-423.
- THOMAS, L. F. 2015. Landscape analysis: Control of *Taenia solium*. — http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/164359/1/9789241508643_eng.pdf (accessed on 21 October 2015).
- THYS, S., MWAPE, K. E., LEFEVRE, P., DORNY, P., MARCOTTY, T., PHIRI, A. M., PHIRI, I. K. & GABRIEL, S. 2015. Why Latrines Are Not Used: Communities' Perceptions and Practices Regarding Latrines in a *Taenia solium* Endemic Rural Area in Eastern Zambia. — *PLoS Negl. Trop. Dis.*, **9** (3): e0003570 (doi:10.1371/journal.pntd.0003570).
- WHO 2015a. The Control of Neglected Zoonotic Diseases. From advocacy to action. — Report Fourth International Meeting, WHO Headquarters (Geneva, Switzerland, 19-20 Nov. 2014). 44 pp.
- WHO 2015b. Assembling a framework for intensified control of taeniasis and neurocysticercosis caused by *Taenia solium*. — Report Informal Consultation, WHO Headquarters (Geneva, 17-18 July 2014), 32 pp.
- ZOLI, A., SHEY-NJILA, O., ASSANA, E., NGUEKAM, J. P., DORNY, P., BRANDT, J. & GEERTS, S. 2003. Regional status, epidemiology and impact of *Taenia solium* cysticercosis in western and central Africa. — *Acta Trop.*, **87**: 35-42.

The Role of Quantitative Land Evaluation in Food Security Decision-making in China: The Past, Present and Future*

by

Liming YE**, Huajun TANG** & Eric VAN RANST***

KEYWORDS. — Soil Productivity; Climate Change; Scenario Analysis; Food Security; China.

SUMMARY. — China is the most populous country and the second largest economy in the world. Although it has made notable achievements in economic development in the past few decades, food security remains a fundamental issue for many poor and remote households. Here we assess the future trends of Chinese food security in 2050 under soil degradation and climate change scenarios using a Web-based Land Evaluation System. Our results predict that the food security index (FSI), or per capita food surplus in percentage terms, would turn from a 18 unit surplus in 2005 to 3-5, 14-18 and 22-32 unit deficits by 2030-2050 if soil degradation is completely controlled, still evolves at the current rate, or evolves at twice the current rate, respectively. Our results also predict that the FSI would drop from 24 units in 2010 to -4.5-7.1 and 10.2-20.0 under the Intergovernmental Panel on Climate Change's high and medium emission scenarios, respectively. These results demonstrate that quantitative land evaluation methodologies can be used as an effective means in large-scale food security decision-making.

TREFWOORDEN. — Bodemproductiviteit; Klimaatverandering; Scenario-analyse; Voedselzekerheid; China.

SAMENVATTING. — *De rol van kwantitatieve landevaluatie bij de voedselzekerheidsbesluitvorming in China – Verleden, heden en toekomst.* — China is het meest bevolkte land en de op één na grootste economie in de wereld. Hoewel het de laatste decennia opmerkelijke vooruitgang boekte in termen van economische ontwikkeling, blijft voedselzekerheid een fundamenteel probleem voor vele arme en geïsoleerde gezinnen. In deze bijdrage trachten wij, rekening houdend met bodemdegradatie- en klimaatveranderingsscenario's, a.h.v. webgebaseerde landevaluatie in te schatten hoe de Chinese voedselzekerheid er in 2050 zal uitzien. Onze resultaten voorspellen dat de voedselzekerheidsindex, of het in procenten uitgedrukte *per capita* voedseloverschot, zal evolueren van een overschot van 18 eenheden in 2005 naar een tekort van 3-5, 14-18 en 22-32 eenheden

* Paper presented at the meeting of the Section of Natural and Medical Sciences held on 24 February 2015. Text received on 4 May 2015 and submitted to peer review. Final version, approved by the reviewers, received on 12 May 2016.

** Member of the Academy; Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, 100081 Beijing (China).

*** Member of the Academy; Department of Geology and Soil Science (WE13), Laboratory of Soil Science, Faculty of Sciences, Ghent University, Krijgslaan 281/S8, B-9000 Ghent (Belgium).

tegen 2030-2050 indien bodemdegradatie respectievelijk volledig onder controle zou raken, het huidige tempo blijft aanhouden, en tweemaal zo snel evolueert. Onze resultaten voorspellen ook dat de voedselzekerheidsindex zou terugvallen van 24 in 2010 naar -4,5-7,1 en 10,2-20,0 onder respectievelijk het grote- en middelgrote-uitstootscenario van het *Intergovernmental Panel on Climate Change*. Deze resultaten tonen aan dat kwantitatieve landevaluatiemethodologieën een doeltreffende factor kunnen zijn bij de voedselzekerheidsbesluitvorming op grote schaal.

MOTS-CLES. — Productivité des sols; Changement climatique; Analyse de scénario; Sécurité alimentaire; Chine.

RESUME. — *Le rôle de l'évaluation quantitative des sols dans la prise de décision en matière de sécurité alimentaire en Chine – Passé, présent et avenir.* — La Chine est le pays le plus peuplé et la deuxième plus grande économie au monde. Bien qu'elle ait fait des progrès remarquables en termes de développement économique durant les dernières décennies, la sécurité alimentaire reste une préoccupation majeure pour un grand nombre de ménages pauvres et vivant dans des lieux isolés. Dans cet article, nous tenterons de montrer, au moyen d'un système d'évaluation des sols basé sur le web, comment la sécurité alimentaire pourrait évoluer en Chine d'ici 2050. Différents scénarios de dégradation des sols et de changement climatique ont été testés. L'index de sécurité alimentaire (ISA) correspond à l'excédent alimentaire par habitant exprimé en pourcentage. Cet index, en 2005, était estimé à 18. Nos résultats prédisent qu'en 2030-2050, cet index s'élèvera à 22-32, 14-18 ou 3-5 selon que la dégradation des sols serait entièrement sous contrôle, évoluerait au même rythme qu'actuellement ou deux fois plus rapidement. Nos résultats prédisent également que l'ISA chutera de 24 en 2010 à 10,2-20,0 ou -4,5-7,1 compte tenu des scénarios d'émission moyens ou élevés du *Intergovernmental Panel on Climate Change*. Ces résultats démontrent que les méthodes quantitatives d'évaluation des sols peuvent être utilisées pour la prise de décision à grande échelle en matière de sécurité alimentaire.

1. The Global Food Security Challenge

It has been one of the long-standing challenges to sustain a stable supply of food for humanity on Earth. The world population increased more than 260% during the twentieth century, from 1.65 billion in 1900 to over six billion in 2000, and is expected to further increase from seven billion in 2011 to nine billion in 2050 (SMITH 2011). Overall, food production per capita remained stable during the twentieth century, largely due to technological advances. Breakthroughs in wheat and rice production, which have been known as the Green Revolution (EVENSON & GOLLIN 2003), have greatly contributed to the ease of the population burden in various parts of the world. The world average yield of cereals leaped from 1.2 t ha⁻¹ in 1961 to 3.2 t ha⁻¹ in 2010 (ALEXANDRATOS & BRUINSMA 2012), resulting in a substantially higher growth rate in world cereal production (178.4%) than in world population (122.6%) during the past fifty years (tab. 1). However, the total harvest area of crops only expanded by a small

margin of 7% during 1961-2010, showing the overwhelming importance of yield improvements on maintaining the global food security (YE *et al.* 2013b).

Despite this remarkable progress, eight hundred and five million people — one in nine of the world population — still experience chronic hunger at present (FAO 2014). The vast majority of hungry people live in the developing world. Globally, some thirty developing countries are classified by the FAO (2014) as having moderately high to very high levels of food insecurity, suggesting that sufficiently accelerated efforts are still urgently needed to fulfil the Millennium Development Goal of halving the proportion of undernourished people worldwide by 2015 (SANCHEZ & SWAMINATHEN 2005).

Continued intensification in food production over the past few decades had notable ecological and environmental consequences. On the one hand, agricultural intensification resulted in, among other benefits, reduced conversion of natural vegetation into crop production (PHELPS *et al.* 2013, XIA *et al.* 2016), but on the other hand, high-intensity production was, among other damages, degrading the soil's ability to build resilience (YE & VAN RANST 2009) and to provide ecosystem services (SQUIRE *et al.* 2015). It is well understood that fertilization played an increasingly important role in intensive production systems. Results of five thousand three hundred and thirty-four field trials in China, for instance, indicated that 47.8% of the increase of the yield of major cereal crops was attributed to the use of mineral fertilizers in 1980-1983 (JIN 2012). In 2010, China consumed 49.9 million tons of mineral fertilizers, accounting for 29% of the world's total consumption (tab. 1). The use of nitrogen fertilizers (N) in China, in particular, soared from seven million tons in 1980 to twenty-eight million tons in 2008, but the nitrogen use efficiency declined dramatically by 53% during the same period, from 34 kg grain per kg of N in 1980 to 16 kg grain per kg of N in 2008 (GUO *et al.* 2010). Systematic assessment based on nationwide surveys, paired comparisons and field monitoring datasets revealed that long-term N fertilization at excessive levels in China had caused soil pH to decline significantly from the 1980s to the 2000s in major crop production areas in China (GUO *et al.* 2010).

The demand for food will probably grow by 50% until 2030 and even higher production will have to be achieved through agricultural intensification for a world of nine billion people in 2050 (TILMAN *et al.* 2002, SCHMIDHUBER & TUBIELLO 2007, YE *et al.* 2016). Given the increasing magnitude of pressures from intensive production systems on ecosystems and the environment (YAO *et al.* 2015), action is needed now to institutionalize and implement sustainable intensification schemes to ensure global food security for decades to come (GODFRAY & GARNETT 2014). Quantitative land evaluation is one of the first technologies to be used for plausible assessments of soil fertility and attainable yield potentials in time and space (YE *et al.* 2008a, 2013b), which in turn form the foundation of more sustainable intensification practices.

Table 1
Population, cereal production of the world and of China during 1961-2010

Parameter	1961	1970	1980	1990	2000	2010	1961-2010 Change (%)
<i>World</i>							
Population (billion)	3.1	3.7	4.4	5.3	6.1	6.9	122.6
Yield (t ha ⁻¹)	1.2	1.6	2.0	2.5	2.8	3.2	166.7
Harvest area (million ha)	648.1	708.2	717.3	675.5	648.1	693.2	7.0
Cereal production (million t)	805.2	1087.3	1418	1779.8	1860.7	2241.9	178.4
Fertilizer consumption (million t)	31.6	68.4	116.2	137.0	137.0	172.6	446.2
<i>China</i>							
Population (billion)	0.7	0.8	1.0	1.2	1.3	1.4	100.0
Yield (t ha ⁻¹)	1.0	1.7	2.4	3.6	4.0	4.8	380.0
Harvest area (million ha)	89.7	92.9	94.4	93	85.3	89.9	0.2
Cereal production (million t)	89.1	161	230.6	338.9	342.7	431.1	383.8
Fertilizer consumption (million t)	1.0	3.9	15.3	26.8	34.7	49.9	489.0

Source: IFADATA (<http://www.fertilizer.org/Statistics>) for fertilizer consumption; FAOSTA (<http://faostat.fao.org>) for the others.

2. Historical Overview of Quantitative Land Evaluation Methodologies

In response to worldwide concerns on the capacity of planet Earth to feed its growing population while ensuring the conservation of its natural resources and the protection of the environment, an internationally accepted approach was elaborated in mid-twentieth century to assess the potentialities as well as the limits of the world's land resources for development (FAO 2007). In October 1972, the methodological framework resulting from this FAO-coordinated international elaboration was presented for the first time at an expert consultation meeting in Wageningen, The Netherlands, where the concepts, principles and procedures of the methodology were extensively discussed and further refined. It was eventually published under the title "A Framework for Land Evaluation" in *FAO Soils Bulletin 32* (FAO 1976).

The primary objective of the framework was the improved and sustainable management of land for the benefit of the people. Although the framework and

its largely *qualitative* methodologies remain valid, the emphasis on the *quantitative* assessment of ecosystem services (*e.g.* food production) and environmental consequences (*e.g.* impact of climate change) in space and time has been growing since the publication of the framework (VAN RANST 1996).

The quantitative land evaluation methodologies presented in this paper adopt a three-step, hierarchical, deterministic crop growth model (YE & VAN RANST 2002, 2009; YE *et al.* 2008a) based on the radiation regime (FAO 1984, SYS *et al.* 1991b) and the limiting and reducing factors (VAN RANST & VANMECHELEN 1995, TANG *et al.* 1992, VERDOODT *et al.* 2004) on the growth of specific crops (fig. 1).

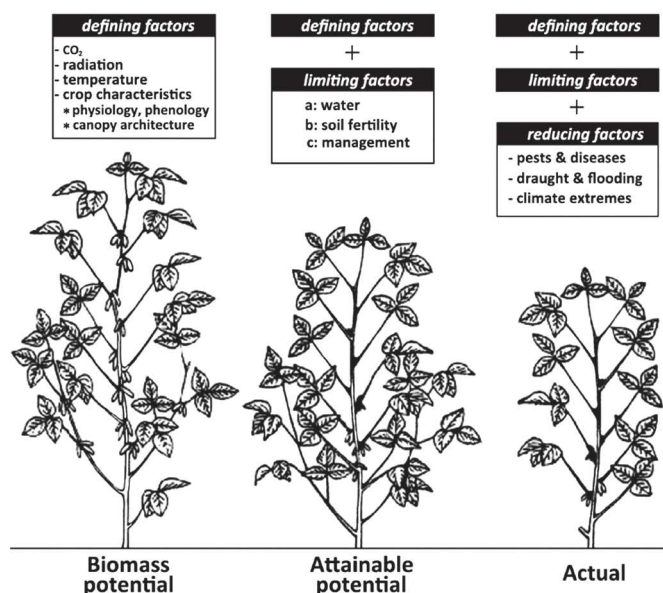


Fig. 1. — Conceptual structure of a hierarchical crop growth model involving the assessment of the biomass potential, attainable potential and actual crop yield (modified from VAN ITTERSUM 2003).

2.1. CROP YIELD MODELLING

The area-weighted average crop yield Y (t ha⁻¹) is calculated from the average rainfed (Y_{rain}) and irrigated (Y_{irri}) yields (YE *et al.* 2008a):

$$Y = \sum_{i=1}^N \left(\frac{A_{irri} \cdot Y_{irri} + A_{rain} \cdot Y_{rain}}{A_{irri} + A_{rain}} \right)_i \quad (1)$$

where i is the serial number of a rotating crop, $i = 1 \dots N$; and A_{irri} and A_{rain} are the areas (ha) of the irrigated and rainfed croplands, respectively. The ratio $A_{irri}/(A_{irri} + A_{rain})$ represents the likelihood that a particular tract of cropland is irrigated. Y_{irri} and Y_{rain} are given by the following formulas (SYS *et al.* 1991a,b; TANG *et al.* 1992):

$$Y_{rain} = B_n \cdot HI \cdot f_w \cdot S_y \cdot M_y \cdot E_y \quad (2)$$

$$Y_{irri} = B_n \cdot HI \cdot S_y \cdot M_y \cdot E_y \quad (3)$$

where B_n is the net biomass production ($t \text{ ha}^{-1}$); HI is the harvest index; f_w is the yield reducing coefficient due to water stress (dimensionless); S_y and M_y are the soil and management indices (dimensionless), accounting for the yield effects of soil and management limitation, respectively; and E_y is the environmental index or the aggregate yield effect of environmental stressors.

The net biomass (B_n) accumulated during the crop cycle is calculated by:

$$B_n = \frac{0.36 \cdot bgm \cdot (0.35LAI - 0.03LAI^2)}{L^{-1} + 0.25 \cdot c30 \cdot (0.044 + 0.0019t + 0.001t^2)} \quad (4)$$

where bgm is the maximum gross biomass production rate ($t \text{ CH}_2\text{O ha}^{-1} \text{ day}^{-1}$), which is constrained by the radiation regime (*i.e.*, the photosynthetically active radiation) and the crop genotype (*i.e.*, the maximum leaf photosynthesis rate); LAI is the actual maximum leaf area index ($\text{m}^2 \text{ m}^{-2}$); L is the length (days) of the crop cycle; $c30 = 0.00283$ for legumes and 0.00108 for non-legumes; and t is the mean daily temperature ($^{\circ}\text{C}$). A concise derivation of Eq. 4 can be found in YE & VAN RANST (2002). It was applied in the assessment of crop production in Mozambique (KASSAM *et al.* 1982) and in calculations of the population supporting capacities of the developing world (HIGGINS *et al.* 1982) and, in particular, China at the national (SLA 1994) and county (YE & VAN RANST 2002) scales.

The yield reducing coefficient (f_w) represents the aggregate effect of water stress on crop yield and can be evaluated from the relative evapotranspiration deficit and the yield response factor (k_y):

$$f_w = \sum_{i=1}^M \left\{ \frac{L_i}{L} \left[1 - k_{y(i)} \left(1 - \frac{ET_{a(i)}}{ET_{m(i)}} \right) \right] \right\} \quad (5)$$

where i is the serial number of a crop growth period (CGP, including establishment, vegetative growth, flowering, yield formation and ripening), $i = 1..M$; L_i is the length (days) of the i^{th} CGP; L is the length (days) of the crop cycle, $L = \sum L_i$; and $ET_{a(i)}$ and $ET_{m(i)}$ are the actual and maximum crop evapotranspiration (mm) in the i^{th} CGP, respectively. The yield response factor, $k_{y(i)}$, measures the yield effect of water stress in the i^{th} CGP. CGP-specific values of k_y can be

found from published tables (SYS *et al.* 1991a). The value of ET_m is obtained by combining the reference evapotranspiration (ET_o) and the crop coefficient (K_c) (ALLEN *et al.* 1998):

$$ET_m = K_c \cdot ET_o \quad (6)$$

where ET_o is estimated from climatic parameters following the modified Penman-Monteith approach (SMITH 1991). The actual evapotranspiration (ET_a) is the amount of water that is actually removed from the soil due to the processes of evaporation and transpiration. The ET_a accumulated over a period of t days after a fraction (f) of the available soil moisture (S_a) over a rooting depth (D) has been depleted is given by the following equation (DEBAVEYE 1986):

$$ET_a = \left\{ 1 - \exp \left[- \frac{ET_m \cdot t}{(1-f) \cdot S_a D} \right] \right\} \cdot S_a D \quad (7)$$

where $S_a D$ is the available soil water storage at time t over a rooting depth D .

The soil and management indices account for the adverse effects of limited soil fertility and poor crop management on yields, respectively. The soil index is obtained by combining the rating values of all of the limiting soil parameters (YE *et al.* 2008a, 2013b) by using the STORIE (1976) method:

$$S_y = \prod_i \left(\frac{R_i}{100} \right) \quad (8)$$

where R_i is the rating value (range: 0-100) of the i^{th} limiting soil parameter (SYS *et al.* 1993). The management index is evaluated from the overall scores derived from the management parameters:

$$M_y = \left(\frac{S_i}{\max(S_i)} \right)^b \quad (9)$$

$$S_i = \sum_j \frac{I_{ij}}{\min(I_j)} \quad (10)$$

where S_i is the overall score obtained from crop management parameters in province i ; I_{ij} is the value of management parameter j in province i ; I_j is the data series of management parameter j in all provinces; and b is a crop-specific coefficient determined by a single factor Cobb-Douglas production function ($Y_o = a \cdot S^b$) fitted between the observed yield Y_o and the overall score S (YE & VAN RANST 2009).

The environmental index E_y accounts for the impact of environmental stressors on yields. It has been a challenging task to quantitatively assess the effect of one or more environmental stressors on yield. Two ad-hoc approaches are used

as examples to deal with stressors, such as soil degradation (BINDRABAN *et al.* 2012) and climate change (YE *et al.* 2013b, 2014); details of such approaches are discussed in sections 3.2 and 3.3, respectively. For simplicity, the interactions between climate change and soil degradation are not considered in this paper.

2.2. RECENT METHODOLOGICAL ADVANCES

Major methodological advances in quantitative land evaluation since the 1990s include:

- Application of fuzzy set theory in the assessment of soil limitations on crop yield, as pioneered by the research team of the Laboratory of Soil Science at Ghent University in the 1990s (TANG *et al.* 1991, 1997; TANG & VAN RANST 1992; VAN RANST *et al.* 1996; GROENEMANS *et al.* 1997a,b; VAN RANST & TANG 1999);
- Inclusion of oxygen availability into soil water balance simulation to improve the accuracy of the assessment of the effect of water stress on crop yield (VERDOODT *et al.* 2005);
- Development of a Web-based Land Evaluation System (WLES, <http://weble.ugent.be>) to facilitate large-scale grid simulation of crop yield (YE *et al.* 2008b) and to function as a building block in, *e.g.*, food security assessment (BINDRABAN *et al.* 2012, YE *et al.* 2013b);
- Application of Cobb-Douglas Production Functions in the assessment of the effect of management levels and practices on crop yield (YE & VAN RANST 2009) and in the identification of the impact of production intensification on soil quality (YAO *et al.* 2015).

3. Food Security Assessment in China

3.1. THE ASSESSMENT FRAMEWORK

To facilitate large-scale grid simulation (YE *et al.* 2008b) of the effect of environmental change on long-term food security in China, a five-step approach was developed by YE & VAN RANST (2009). First, climatic, crop, soil, management and socio-economic data were collected, manipulated and used to simulate the yields of food crops using WLES. Second, the simulated yields were compared to the observed yields in order to validate the simulation process. Third, the food production capacities in 2030 and 2050 were estimated according to the most likely scenarios of population growth, urbanization rate, cropland area, cropping intensity and the environmental stressor in concern. Fourth, a food

security index (FSI) was computed following an equilibrium analysis of the supply-demand relationship for food produced from agricultural crops. Finally, the effect of the considered environmental stressor on the FSI was quantitatively evaluated (fig. 2).

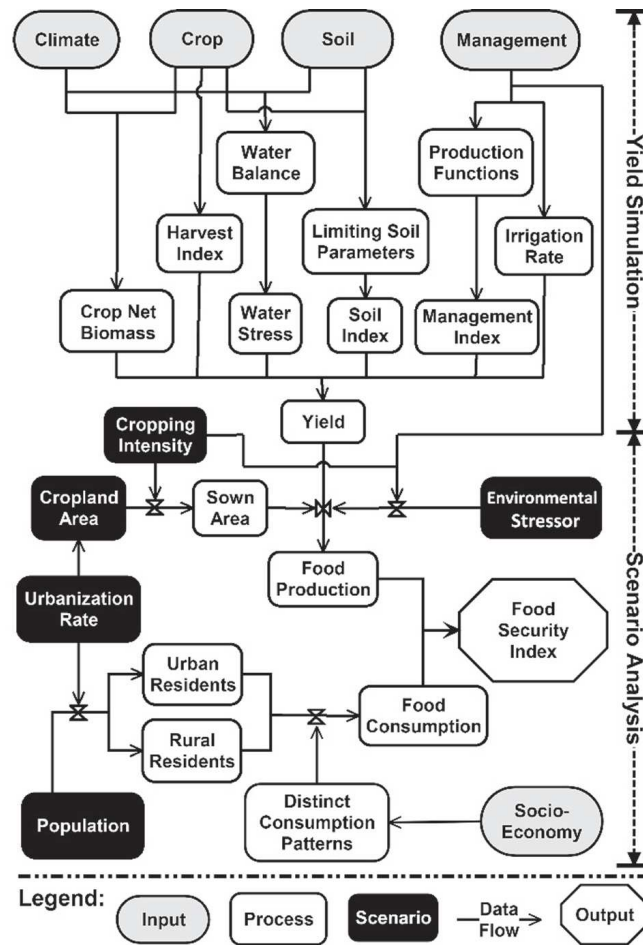


Fig. 2. — The flowchart of the food security assessment framework.

3.2. IMPACT OF SOIL DEGRADATION

Soil degradation is a strong environmental stressor (BINDRABAN *et al.* 2012), which can be considered as a yield-reducing factor in quantitative land evaluation (see fig. 1). Its effect on crop yield is evaluated using the following equation:

$$Y_2 = \left(1 - n \cdot \frac{t_2 - t_1}{15} \cdot \frac{p}{100} \right) \cdot Y_1 \quad (11)$$

where p is the relative yield penalty (%) due to soil degradation during a fifteen-year period prior to year t_1 , Y_1 is the average yield observed in year t_1 , Y_2 is the average yield in year t_2 , n is a multiplicative coefficient representing the severity of soil degradation (see next paragraph for further details). The relative yield penalty (%) due to soil degradation, p , was estimated for China (tab. 2) using the qualitative soil degradation classes of ISRIC's ASSOD map, which followed the GLASOD approach (VAN LYNDEN & OLDEMAN 1997). The resulting average yield penalties in eastern, middle and western China were 1, 4 and 25 %, respectively, under the 2005 level of crop management, meaning that crop yield would be 1, 4 and 25 % higher than the current obtained yield should soil degradation not have occurred. The relative yield penalty at the national scale was estimated at 9 %, which is consistent with earlier reports (ROZELLE *et al.* 1997).

Table 2
Relative yield penalty (%) for five classes of soil degradation and three levels of agronomic management

Degradation	High input	Intermediate input	Low input
Negligible	0	0	10
Light	0	10	25
Moderate	10	25	50
Strong	25	50	75
Extreme	50	75	100

Three soil degradation scenarios were designed. Under the business-as-usual scenario (BAU), soil degradation occurred at the current intensity. The same amount of yield would be lost in the next fifteen years as in the past fifteen years, or n (Eq. 11) = 1. Under the zero-degradation scenario (0×SD), no degradation would occur ($n = 0$), whereas under the double-degradation scenario (2×SD), soil degradation would occur at twice the rate, limiting the crop yield more than at present ($n = 2$). A summary of all scenario settings is given in table 3.

The relative food surplus was defined as the food security index, or FSI, in an attempt to measure the general status of food security in China:

$$FSI = \frac{s \cdot g^{-1} - d}{d} \cdot 100 \quad (12)$$

where s is the per capita food supply (kg), d the per capita food demand (kg), and g the expected food self-sufficiency level. The government goal is to maintain a self-sufficiency level of 95 % ($g = 0.95$), allowing the remaining 5 % of

food demand to be met by imports (YE *et al.* 2016). The per capita demand d is evaluated according to consumption patterns of the urban and rural populations, respectively (YE & VAN RANST 2009), while the per capita supply is given by:

$$s = 1000 \cdot \left[\sum_{i=1}^n (Y_i \cdot A_i) \right] \cdot P^{-1} \quad (13)$$

where i stands for a crop, n is the total number of food crops, Y is crop yield (t ha^{-1} , tab. 4), A is crop area (ha, tab. 3) and P is the population size (persons, tab. 3).

Table 3
Settings of the parameters involved in scenario analysis for food security assessment

Scenario	2005	2030	2050
Population (billion)	1.31	1.46	1.44
Urbanization (%)	42.99	72.56	82.56
Cropland (million ha)	130	113	107
Multi-cropping index (%)	120	133	147
Soil degradation (yield loss since 2005)			
<i>Zero degradation</i>	–	$0 \times p^a$	$0 \times p$
<i>Business-as-usual</i>	–	$1.67 \times p$	$3 \times p$
<i>Double degradation</i>	–	$3.33 \times p$	$6 \times p$

^a p : relative yield penalty (%) between 1990 and 2005 (see Eq. 11).

The curve of FSI, based on the census and estimated data for the pre-2005 period and on scenarios for the post-2005 period, is given in figure 3a. Historical variations in food security are well captured by FSI. China's food security status was significantly improved soon after the long-lasting wars that ended in the late 1940s. At the end of the first five-year plan, the FSI increased from -0.4 in 1949 to 32.7 in 1957, showing that the supply-demand equilibrium turned from a 0.4% deficit to a 32.7% surplus. The peak FSI value of 38.5 appeared in 1984, coinciding with the record harvest of three hundred and ninety million tons in the same year. Although higher productions (~500 million tons) were achieved consecutively during 1996-1999, the FSI values in the same period were not higher than those of 1984, reflecting the combined effects of a larger population and a higher standard of living. Extreme climatic events and natural hazards, which caused notable production losses during 2000-2003, were responsible for the second-largest drop in the FSI values after the period of the Great Leap Forward (1957-1961).

China faces great environmental challenges in safeguarding its food security in the long run. The FSI is predicted to drop from 18 in 2005 to -5 and -3 in

2030 and 2050, respectively, under the 0× SD scenario (fig. 3a), exhibiting the adverse effect of population growth on food security. This, together with the finding that the positive effect of agricultural intensification cancels the negative effect of the loss of cropland, suggests that the present-day (2005 level) production capacity will not sustain the long-term needs of the Chinese population, even under the 0× SD scenario. Results also show that 14-18% and 22-32% of per capita demands will not be met by 2030-2050 under the BAU and 2× SD scenarios, respectively (fig. 3a). This translates into a total increase of 300-500 million malnourished people in 2050, in addition to the 2005 level of one hundred twenty million.

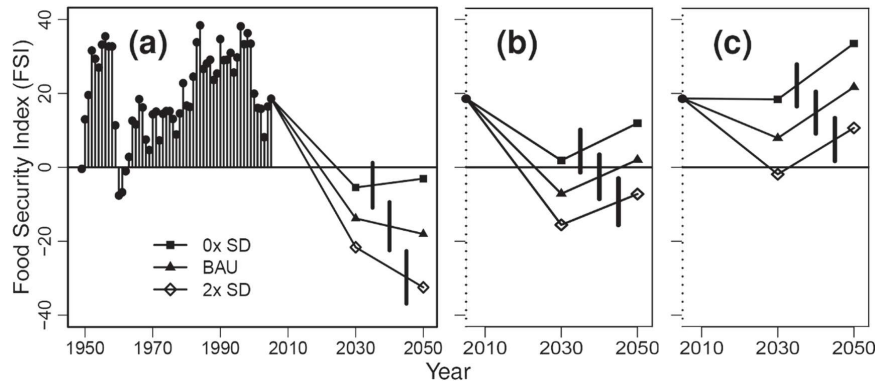


Fig. 3. — Historical fluctuations and future trends of food security index (FSI) in China. (a) FSI under the zero degradation (0× SD), business-as-usual (BAU) and double degradation (2× SD) scenarios in 2030-2050 as compared to the period 1949-2005. The solid horizontal line (FSI = 0) represents the 95% food self-sufficiency level. (b) FSI in 2030 and 2050 under the raised-management scenario. (c) FSI in 2030 and 2050 under the scenario of science and technology breakthroughs in crop breeding. (a-c) A thick vertical bar depicts the standard deviation of the FSI under a degradation scenario.

These alarming impacts of soil degradation on food security suggest that policy interventions are needed now to mitigate or even to prevent the adverse effects of soil degradation on food production in the future. Two additional policy scenarios are designed for this purpose. One is the raised-management scenario and the other is the higher-yielding varieties scenario. Under the raised-management scenario (fig. 3b), crop management level in middle China is raised to the same level as in eastern China; crop management level in western China is raised to the level of middle China in 2030 and to the level of eastern China in 2050. Under the higher-yielding varieties scenario (fig. 3c), yields are steadily improved at an average rate of 0.8% yr⁻¹ during 2005-2030 and 0.5% yr⁻¹ during 2030-2050 by gradually adopting higher-yielding varieties (ZHAO *et al.* 2008, YE *et al.* 2015). The model predicts significantly positive responses of

the FSI values under all degradation rates to either the higher management scenario (fig. 3b) or the higher-yielding varieties scenario (fig. 3c). The rice hybrids, for instance, that are planted in more than half of the total rice-growing area in China have achieved a stable yield advantage of at least 15% over the best inbred varieties (YUAN 2001). The extension of hybrid rice breeding in China serves as a good example demonstrating how investment and effective policies are rewarded by improved food security.

3.3. IMPACT OF CLIMATE CHANGE

The quantitative land evaluation model was also employed to simulate the effect of climate change on crop yield and to predict future trends of food security in China under climate change scenarios. The historical climate during 1961-1990 was used as a baseline with the CO₂ concentration set at ~330 ppm. The SRES A2 and B2 scenarios were selected to represent two contrasting GHG emissions as well as development pathways, pessimistic versus optimistic, for China, respectively. The IPCC SRES A2 scenario describes a very heterogeneous world of high population growth, slow economic development and strong regional cultural identities, while the B2 scenario reflects a heterogeneous world with diverse technological change, low population growth and emphasis on local solutions to economic, social and environmental sustainability problems.

Crop yield was simulated per grid cell of 10 km using the WLES model (YE *et al.* 2008b). The aggregated results at the national scale and averaged at the decadal time scale are given in table 4. The results show that climate change is simulated to have moderately positive effects on the yields of rice, wheat and maize in China at the decadal time scale from 2020 through 2050 (tab. 4, no technology). The maize yield, for instance, is projected to increase by ~10%, from 5.3 t ha⁻¹ in 2009 to 5.8 t ha⁻¹ in 2050, under the A2 scenario. Under the B2 scenario, a 4% increase in maize yield is projected. Overall, crop yields are projected to increase in twenty-one out of twenty-four cases (three crops by four decadal intervals by two scenarios, tab. 4, no technology). The wheat yield is projected to be mostly stagnated or decrease by a small margin under either A2 or B2. The average yield of all cereals taken together is projected to increase by 11% from 4.9 t ha⁻¹ in 2009 to 5.4 t ha⁻¹ in 2050 under A2, assuming that the sown area proportions of individual crops in 2009 are kept unchanged during the entire projection period, while this yield increase is projected to be 4% under B2, meaning that short-to-medium-term yield growth is more likely to be achieved under the A2 scenario, which assumes higher emission levels (320% more CO₂ in 2100 than in 2000), as also observed by others (PARRY *et al.* 2005). Agricultural production will likely benefit from a more balanced development pathway as assumed under B2, but this benefit may probably only be achieved over longer terms.

Table 4

Yield of major cereal crops in China under the considered socio-economic and agronomic scenarios in association with the SRES A2 and B2 emission scenarios

Year	No technology development			Technology development		
	Rice (t ha ⁻¹)	Wheat (t ha ⁻¹)	Maize (t ha ⁻¹)	Rice (t ha ⁻¹)	Wheat (t ha ⁻¹)	Maize (t ha ⁻¹)
<i>Baseline</i>						
2009	6.6	4.7	5.3	6.6	4.7	5.3
<i>SRES A2</i>						
2020	7.0 (6)*	4.7 (0)	5.4 (2)	7.3 (11)	4.9 (4)	5.6 (6)
2030	7.2 (9)	4.8 (2)	5.5 (4)	7.5 (14)	4.9 (4)	5.8 (9)
2040	7.5 (14)	5.0 (6)	5.7 (8)	7.7 (17)	5.1 (9)	5.8 (9)
2050	7.8 (18)	5.3 (13)	5.8 (9)	8.0 (21)	5.4 (15)	6.0 (13)
<i>SRES B2</i>						
2020	7.2 (9)	4.7 (0)	5.5 (4)	7.7 (17)	5.1 (9)	5.9 (11)
2030	7.3 (11)	4.7 (0)	5.6 (6)	7.9 (20)	5.1 (9)	6.1 (15)
2040	7.2 (9)	4.9 (4)	5.6 (6)	7.5 (14)	5.2 (11)	5.8 (9)
2050	7.1 (8)	5.1 (9)	5.5 (4)	7.4 (12)	5.4 (15)	5.8 (9)

* Numbers inside parenthesis are percent increase against the baseline values.

This large positive effect of climate change on crop yield contrasts with many earlier estimates. One fundamental difference between this research and the earlier estimates is that CO₂ fertilization (GOSLING *et al.* 2011, LOBELL & FIELD 2008) was intentionally included in this simulation, while CO₂ fertilization was excluded from others such as PARRY *et al.* (2004). The rationale to consider CO₂ fertilization is that the rise of atmospheric CO₂ concentration has already been an observed fact and it will continue to rise in the foreseeable future, despite uncertainties about the magnitude of this rise (LIN *et al.* 2005, LONG *et al.* 2006). Along with temperature warming (YE *et al.* 2013a,b; 2014), elevated CO₂ concentrations stimulate photosynthesis, by a margin of ~0.08% for rice and wheat and ~0.05% for maize per 1 ppm increase, leading to increased plant productivity and modified water and nutrient cycles. Past studies suggested that crop yield tends to increase under higher CO₂ concentrations (TUBIELLO *et al.* 2007). Compared with the current atmospheric CO₂ concentrations of ~380 ppm, crop yields increase by 550 ppm CO₂ in the range of 10-20% for C₃ crops (*e.g.*, rice and wheat) and 0-10% for C₄ crops (*e.g.*, maize). The magnitude of the positive yield effects found here (tab. 4, no technology) fell well within this range. Although the robustness of CO₂ fertilization

is being debated (GOSLING *et al.* 2011, LONG 2012), its yield effect has been confirmed by a variety of field experiments such as the free-air carbon dioxide enrichment (FACE) experiment.

Future trends of food security in terms of the FSI in China under climate change scenarios A2 and B2 are shown in figure 4. The FSI is predicted to drop sharply from 24.2 in 2009 to 10.2 and -4.5 in 2030 under the B2 and A2 scenarios, respectively. During the period of 2030-2050, the FSI is predicted to increase from -4.5 in 2030 to 7.1 in 2050 under the A2 and from 10.2 to 20.0 under the B2 scenario (fig. 4), reaffirming the controlling effect of population growth on food security in populous countries like China. Therefore, as a countermeasure for food security, the yield growth rate should be maintained at a level higher than that of population growth (HOPFENBERG & PIMENTEL 2001). Alternatively, population control should be prioritized where proper yield growth rate cannot be sustained (EHRlich & EHRlich 2009).

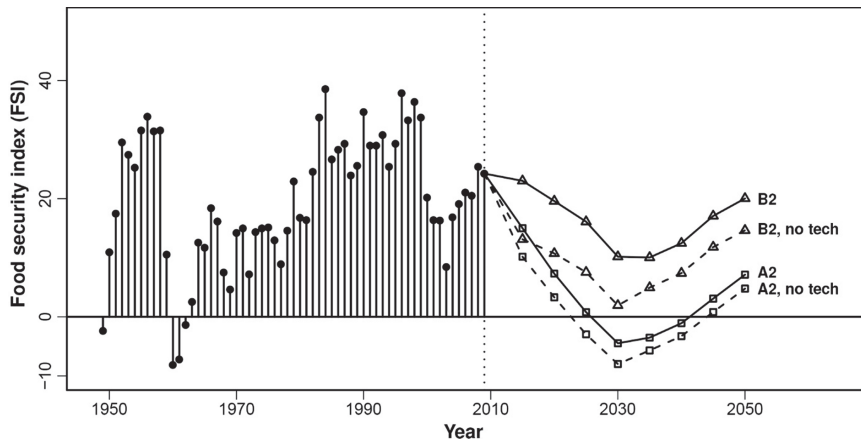


Fig. 4. — Food security index (FSI), as evaluated using census data during 1949-2009 and as projected in 2030 and 2050 under two contrasting emission scenarios, SRES-A2 and -B2. Horizontal bars represent the average FSI levels at the decadal time scale.

A comparison between the simulated FSI curves under the A2 and B2 associated scenarios shows that the socio-economic and agronomic pathways in association with the A2 and B2 emission scenarios have significant impact on FSI. The average distance between these two curves during 2011-2050 is evaluated to be thirteen units, meaning that food surplus linked with a more balanced development pathway (B2, low population growth, stimulation of technological change and emphasis on environmental sustainability) is 13% higher than a more stagnated pathway (A2, high population growth, low economic development, low regional coordination). This difference can translate into seventy-six

million tons of additional grain harvests in 2030 under B2. The average distance between the simulated FSI curve under B2, for example, and the FSI curve under B2 but excluding technology development during 2011-2050 (see tab. 4, technology development) is evaluated to be seven units (see fig. 4). This reveals that yield improvements achieved by technology development (tab. 4, technology development) alone may have raised the food surplus level during 2011-2050 under B2 by 7%, suggesting that technology development is one critical means to raise food security level through yield growth rate maintenance (ALSTON *et al.* 2009).

4. Conclusions and Recommendations

The most important conclusions are:

- Quantitative land evaluation is an important extension to the framework methodologies toward effective assessment of ecosystem services and environmental impact on the terrestrial farming systems in space and time;
- The Web-based Land Evaluation System (WLES) greatly facilitates large-scale grid simulation of crop yields. Together with the food security index (FSI), it acts as a promising tool in food security decision-making in populous countries like China;
- Environmental degradation and change have enormous impact on Chinese food security. Institutional and policy actions are needed now to mitigate, if not to reverse, further damages on the livelihood and well-being of at least one fifth of the world population.

We advise the following recommendations:

- Continuous efforts are needed to integrate the latest science and technology developments into the methodological arena of land evaluation. Big data generated by various Earth observation satellites, for example, is one of the many directions that deserve more attention;
- Agricultural investment in research and in field is itself an effective adaptation/mitigation measure in both cases of soil degradation and climate change. Yield improvements through better management and high-yielding varieties have the potential to reverse the negative effects of environmental change on food security in both cases;
- Progressive policy actions are needed not only to increase agricultural production, but also to boost income and reduce poverty in remote areas where most of the poor live. As such, everyone (not only the rich) has the financial capacity to improve his or her food security status facing environmental change.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors acknowledge financial support from the National Nonprofit Institute Research Grant of CAAS (IARRP-2015-28) and logistical support from the Laboratory of Soil Science of Ghent University under the cooperation framework of the CAAS-UGent Joint Laboratory of Global Change and Food Security.

REFERENCES

- ALEXANDRATOS, N. & BRUINSMA, J. 2012. World Agriculture towards 2030/2050: The 2012 Revision. — Rome, FAO, 154 pp.
- ALLEN, R., PEREIRA, L., RAES, D. & SMITH, M. 1998. Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements. — Rome, FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56, 300 pp.
- ALSTON, J. M., BEDDOW, J. M. & PARDEY, P. G. 2009. Agricultural research, productivity, and food prices in the long run. — *Science*, **325**: 1209-1210.
- BINDRABAN, P. S., VAN DER VELDE, M., YE, L., VAN DEN BERG, M., MATERECHERA, S., KIBA, D. I., TAMENE, L., RAGNARSDOTTIR, K. V., JONGSCHAAP, R., HOOGMOED, M., HOOGMOED, W., VAN BEEK, C. & VAN LYNDEN, G. 2012. Assessing the impact of soil degradation on food production. — *Curr. Opin. Env. Sustain.*, **4**: 478-488.
- DEBAVEYE, J. 1986. CYPPAC: A climatic yield potential prediction model for annual crops. — Brussels, IWONL; Ghent, Geological Institute (Ghent University), 102 pp.
- EHRlich, P. R. & EHRlich, A. H. 2009. The population bomb revisited. — *Electron. J. Sustain. Dev.*, **1**: 63-71.
- EVENSON, R. E. & GOLLIN, D. 2003. Assessing the impact of the Green Revolution, 1960 to 2000. — *Science*, **300**: 758-762.
- FAO 1976. A Framework for Land Evaluation. — *FAO Soils Bulletin*, **32**, 72 pp.
- FAO 1984. Guidelines: Land Evaluation for Rainfed Agriculture. — Rome, FAO, World Soil Resources Report 52, 191 pp.
- FAO 2007. Land Evaluation: Towards a Revised Framework. — Rome, FAO, Land and Water Discussion Paper 6, 107 pp.
- FAO 2014. FAO Hunger Map 2014. — Rome (available at <http://www.fao.org/hunger/en/>).
- GODFRAY, H. C. J. & GARNETT, T. 2014. Food security and sustainable intensification. — *Phil. Trans. R. Soc. B.*, **369**: 20120273.
- GOSLING, S. N., WARREN, R., ARNELL, N. W., GOOD, P., CAESAR, J., BERNIE, D., LOWE, J. A., VAN DER LINDEN, P., O'HANLEY, J. R. & SMITH, S. M. 2011. A review of recent developments in climate change science. Part II: The global-scale impacts of climate change. — *Progr. Phys. Geogr.*, **35**: 443-464.
- GROENEMANS, R., KERRE, E., DE COOMAN, G. & VAN RANST, E. 1997a. Fuzzy database model based on quasi-order relations. — *J. Intell. Inf. Syst.*, **8**: 227-243.
- GROENEMANS, R., VAN RANST, E. & KERRE, E. 1997b. Fuzzy relational calculus in land evaluation. — *Geoderma*, **77**: 283-298.
- GUO, J. H., LIU, X. J., ZHANG, Y., SHEN, J. L., HAN, W. X., ZHANG, W. F., CHRISTIE, P., GOULDING, K. W. T., VITOUSEK, P. M. & ZHANG, F. S. 2010. Significant acidification in major Chinese croplands. — *Science*, **327**: 1008-1010.

- HIGGINS, G. M., KASSAM, A. H., NAIKEN, L., FISHER, G. & SHAH, M. M. 1982. Potential Population Supporting Capacities of Lands in the Developing World. — Rome, FAO, Technical Report INT/75/P13.
- HOPFENBERG, R. & PIMENTEL, D. 2001. Human population numbers as a function of food supply. — *Environ. Dev. Sustain.*, **3**: 1-5.
- JIN, J. 2012. Changes in the efficiency of fertiliser use in China. — *J. Sci. Food. Agric.*, **92**: 1006-1009.
- KASSAM, A. H., VAN VELTHUIZEN, H. T., HIGGINS, G. M., CHRISTOFORIDES, A., VOORTMAN, R. L. & SPIERS, B. 1982. Assessment of land resources for rainfed crop production in Mozambique. — Maputo (Mozambique), FAO-UNDP Project MOZ/75/011, “Land and Water Use Planning”, Field Documents No. 32-37.
- LIN, E., XIONG, W., JU, H., XU, Y., LI, Y., BAI, L. & XIE, L. 2005. Climate change impacts on crop yield and quality with CO₂ fertilization in China. — *Phil. Trans. R. Soc. B.*, **360**: 2149-2154.
- LOBELL, D. B. & FIELD, C. B. 2008. Estimation of the carbon dioxide (CO₂) fertilization effect using growth rate anomalies of CO₂ and crop yields since 1961. — *Global Change Biol.*, **14**: 39-45.
- LONG, S. P. 2012. Virtual Special Issue on food security – greater than anticipated impacts of near-term global atmospheric change on rice and wheat. — *Global Change Biol.*, **18**: 1489-1490.
- LONG, S. P., AINSWORTH, E. A., LEAKEY, A. D. B., NOSBERGER, J. & ORT, D. R. 2006. Lower-than-expected crop yield stimulation with rising CO₂ concentrations. — *Science*, **312**: 1918-1921.
- PARRY, M., ROSENZWEIG, C. & LIVERMORE, M. 2005. Climate change, global food supply and risk of hunger. — *Phil. Trans. R. Soc. B.*, **360**: 2125-2138.
- PARRY, M. L., ROSENZWEIG, C., IGLESIAS, A., LIVERMORE, M. & FISCHER, G. 2004. Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios. — *Global Environ. Change*, **14** (1): 53-67.
- PHELPS, J., CARRASCO, L. R., WEBB, E. L., KOH, L. P. & PASCUAL, U. 2013. Agricultural intensification escalates future conservation costs. — *Proc. Natl. Acad. Sci.*, **110** (19): 7601-7606.
- ROZELLE, S., VEECK, G. & HUANG, J. 1997. The impact of environmental degradation on grain production in China, 1975-1990. — *Econ. Geogr.*, **73**: 44-66.
- SANCHEZ, P. A. & SWAMINATHEN, M. S. 2005. Cutting world hunger in half. — *Science*, **307**: 357-359.
- SCHMIDHUBER, J. & TUBIELLO, F. N. 2007. Global food security under climate change. — *Proc. Natl. Acad. Sci.*, **104** (50): 19703-19708.
- SLA (State Land Administration) 1994. China Land Resources, Use and Productivity Assessments Project Main Report. — Beijing, SLA.
- SMITH, K. 2011. We are seven billion. — *Nat. Clim. Change*, **1**: 331-335.
- SMITH, M. 1991. Report on the Expert Consultation on Procedures for Revision of FAO Guidelines for Prediction of Crop Water Requirements. — Rome, FAO Land and Water Development Division.
- SQUIRE, G. R., HAWES, E., VALENTINE, T. A. & YOUNG, M. W. 2015. Degradation rate of soil function varies with trajectory of agricultural intensification. — *Agr. Ecosyst. Environ.*, **202**: 160-167.
- STORIE, R. E. 1976. Storie Index Soil Rating. — Berkeley, University of California, Division of Agricultural Science, Special Publication 3203, 4 pp.

- SYS, C., VAN RANST, E. & DEBAVEYE, J. 1991a. Land Evaluation. Part I: Principles in land evaluation and crop production calculations. — Brussels, General Administration for Development Cooperation, Agricultural Publication No. 7, 274 pp.
- SYS, C., VAN RANST, E. & DEBAVEYE, J. 1991b. Land Evaluation. Part II: Methods in land evaluation. — Brussels, General Administration for Development Cooperation, Agricultural Publication No. 7, 247 pp.
- SYS, C., VAN RANST, E., DEBAVEYE, J. & BEERNAERT, F. 1993. Land Evaluation. Part III: Crop requirements. — Brussels, General Administration for Development Cooperation, Agricultural Publication No. 7, 199 pp.
- TANG, H. & VAN RANST, E. 1992. Testing of fuzzy set theory in land suitability assessment for rainfed grain maize production. — *Pedologie*, **42**: 129-147.
- TANG, H., VAN RANST, E. & GROENEMANS, R. 1997. Application of fuzzy set theory to land suitability assessment. — *Trends in Soil Science*, **2**: 191-203.
- TANG, H., VAN RANST, E. & SYS, C. 1992. An approach to predict land production potential for irrigated and rainfed winter wheat in Pinan County, China. — *Soil Technology*, **5**: 213-224.
- TANG, H., DEBAVEYE, J., RUAN, D. & VAN RANST, E. 1991. Land suitability classification based on “Fuzzy Set” theory. — *Pedologie*, **41**: 277-290.
- TILMAN, D., CASSMAN, K. G., MATSON, P. A., NAYLOR, R. & POLASKY, R. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. — *Nature*, **418**: 671-677.
- TUBIELLO, F. N., SOUSSANA, J.-F. & HOWDEN, S. M. 2007. Crop and pasture response to climate change. — *Proc. Natl. Acad. Sci.*, **104** (50): 19 686-19 690.
- VAN ITTERSUM, M. K., LEFFELAAR, P. A., VAN KEULEN, H., KROPFF, M. J., BASTIAANS, L. & GOUDRIAAN, J. 2003. On approaches and applications of the Wageningen crop models. — *Eur. J. Agron.*, **18**: 201-234.
- VAN LYNDEN, G. W. J. & OLDEMAN, L. R. 1997. The Assessment of the Status of Human-induced Soil Degradation in South and Southeast Asia. — Wageningen, UNEP/FAO/ISRIC.
- VAN RANST, E. 1996. Discussion of the paper of D. G. Rossiter: “A theoretical framework for land evaluation”. — *Geoderma*, **72**: 197.
- VAN RANST, E. & TANG, H. 1999. Fuzzy reasoning versus Boolean logic in a land suitability assessment. — *Malaysian Journal of Soil Science*, **3**: 39-58.
- VAN RANST, E. & VAN MECHELEN, L. 1995. Application of computer-based technology in assessing production potentials for annual crops in developing countries. — *Meded. Zitt. K. Acad. Overzeese Wet.*, **41** (4): 613-636.
- VAN RANST, E., TANG, H., GROENEMANS, R. & SINTHURAHAT, S. 1996. Application of fuzzy logic to land suitability for rubber production in peninsular Thailand. — *Geoderma*, **70**: 1-19.
- VERDOODT, A., VAN RANST, E. & YE, L. 2004. Daily simulation of potential dry matter production of annual field crops in tropical environments. — *Agron. J.*, **96**: 1739-1753.
- VERDOODT, A., VAN RANST, E., YE, L. & VERPLANCKE, H. 2005. A daily multi-layered water balance model to predict water and oxygen availability in tropical cropping. — *Soil Use Management*, **21**: 312-321.
- XIA, T., WU, W., ZHOU, Q., VERBURG, P., YU, Q., YANG, P. & YE, L. 2016. Model-based analysis of spatio-temporal changes in land use in Northeast China. — *J. Geogr. Sci.*, **26**: 171-187.

- YAO, Y., YE, L., TANG, H., TANG, P., WANG, D., SI, H., HU, W. & VAN RANST, E. 2015. Cropland soil organic matter content change in Northeast China, 1985-2005. — *Open Geoscience*, **7**: 234-243.
- YE, L. & VAN RANST, E. 2002. Population carrying capacity and sustainable agricultural use of land resources in Caoxian County (North China). — *J. Sustain. Agric.*, **19**: 75-94.
- YE, L. & VAN RANST, E. 2009. Production scenarios and the effect of soil degradation on long-term food security in China. — *Global Environ. Change*, **19**: 464-481.
- YE, L., MALINGREAU, J.-P., TANG, H. & VAN RANST, E. 2016. The breakfast imperative: The changing context of global food security. — *J. Integr. Agric.*, **15**: 1179-1185.
- YE, L., TANG, H., YANG, G. & VAN RANST, E. 2015. Adopting higher-yielding varieties to ensure Chinese food security under climate change in 2050. — *Proc. Environ. Sci.*, **29**: 281.
- YE, L., YANG, G., VAN RANST, E. & TANG, H. 2013a. Time-series modeling and prediction of global monthly absolute temperature for environmental decision making. — *Adv. Atmos. Sci.*, **30**: 382-396.
- YE, L., TANG, H., ZHU, J., VERDOODT, A. & VAN RANST, E. 2008a. Spatial patterns and effects of soil organic carbon on grain productivity assessment in China. — *Soil Use Management*, **24**: 80-91.
- YE, L., VERDOODT, A., MOUSSADEK, R., TANG, H. & VAN RANST, E. 2008b. Assessment of China's food producing capacities using a Web-based land evaluation engine and a grid-based GIS. — *Adv. Geoecology*, **39**: 699-718.
- YE, L., TANG, H., WU, W., YANG, P., NELSON, G. C., MASON-D'CROZ, D. & PALAZZO, A. 2014. Chinese food security and climate change: Agriculture futures. — *Economics: The Open-Access, Open-Assessment E-Journal*, **8**: 2014-1.
- YE, L., XIONG, W., LI, Z., YANG, P., WU, W., YANG, G., FU, Y., ZOU, J., CHEN, Z., VAN RANST, E. & TANG, H. 2013b. Climate change impact on China food security in 2050. — *Agron. Sustain. Dev.*, **33**: 363-374.
- YUAN, L. 2001. Breeding of super hybrid rice. — In: PENG, S. & HARDY, B. (Eds.), *Rice Research for Food Security and Poverty Alleviation*. Los Baños, International Rice Research Institute, pp. 43-149.
- ZHAO, J., LUO, Q., DENG, H. & YAN, Y. 2008. Opportunities and challenges of sustainable agricultural development in China. — *Phil. Trans. R. Soc. B.*, **363**: 893-904.

Klasse voor Technische Wetenschappen

Classe des Sciences techniques

Interaction provenances-environnements du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) en Tunisie*

par

Tahar SGHAIER** & Jean-Jacques CLAUSTRIAUX***

MOTS-CLES. — Essais multilocaux et à long terme; Pin d'Alep; Interaction géno-type-environnement.

RESUME. — Une expérimentation multisites a été conduite en Tunisie pour étudier les performances génotypiques de quarante et une provenances du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.), plantées en 1964 et 1965. A partir de cinq critères morphologiques, des analyses statistiques (écovalence de Wricke, indice de stabilité de Hühn) ont mis en évidence une interaction entre les provenances et les conditions du milieu pour finalement en recommander quatre, à savoir *Selloum*, *Semmama*, *Berino* et *Mellègue*.

TREFWOORDEN. — Multilokale en lange-termijnexperimenten; Aleppoden; Genotype-milieu-interactie.

SAMENVATTING. — *Herkomst-milieu-interactie van de aleppoden (Pinus Halepensis Mill.) in Tunesië.* — In Tunesië werd een multilokaal experiment uitgevoerd om het gedijen van eenenveertig in 1964 en 1965 geplante aleppodennen (*Pinus halepensis* Mill.) met verschillende herkomst te bestuderen. Op grond van vijf morfologische criteria hebben statistische analyses (*Wricke's ecovalence, Hühn's stability*) een interactie tussen herkomst en milieu-omstandigheden aangetoond, wat tot de aanbeveling van vier soorten — *Selloum*, *Semmama*, *Berion* en *Mellègue* — geleid heeft.

KEYWORDS. — Multi-environment and Multi-annual Experiment; *Pinus halepensis*; Genotype-environment Interaction.

SUMMARY. — *Genotype-environment Interaction of Pinus halepensis Mill. in Tunisia.* — A multi-environment experiment has been conducted in Tunisia since 1964-1965 to assess the genotypic performances of forty-one provenances of *Pinus halepensis* Mill. On the basis of five morphological criteria, statistical analyses (*Wricke's ecovalence, Hühn's stability*) have concluded about the effect of genotype-environment interaction and selected four provenances: *Selloum*, *Semmama*, *Berino* and *Mellègue*.

* Communication présentée à la séance de la Classe des Sciences techniques tenue le 27 novembre 2014. Texte reçu le 6 janvier 2015, soumis à *peer-review*. Version définitive, approuvée par les *reviewers*, reçue le 14 avril 2015.

** Unité de Gestion et Valorisation des Ressources forestières, Institut national de Recherches en Génie rural, Eaux et Forêts, BP 10, 2080 Ariana (Tunisie).

*** Membre de l'Académie; Unité de Statistique, Informatique et Mathématique appliquées à la bioingénierie, Université de Liège/Gembloux Agro-Bio Tech, av. de la Faculté d'Agronomie 8, B-5030 Gembloux (Belgique).

1. Introduction

A partir de 1960, la Tunisie a déployé un large programme de reforestation des sols nus. Elle a développé des recherches afin de déterminer les espèces forestières et les provenances associées à une haute performance de production et d'adaptation aux différentes situations environnementales. Pour le pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.), principale essence forestière en Tunisie (297 000 ha ou 57 % de la superficie forestière totale selon KHOUJA 1997), des essais à long terme multilocaux ont été implantés par l'Institut national de Recherches forestières dans quatre sites d'expérimentation en 1964 et 1965.

L'objectif essentiel de cette étude consiste à identifier, parmi un ensemble de quarante et une provenances, quelques-unes d'entre elles en utilisant deux outils statistiques d'aide à la décision relativement simples pour assister le sélectionneur dans ses choix, à savoir l'écovalence de Wricke et l'indice de stabilité de Hühn.

2. Matériel

2.1. PIN D'ALEP: GENERALITES

Le pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) est une espèce forestière rustique, très présente dans la plupart des variantes bioclimatiques du bassin méditerranéen (PARDE 1957, QUEZEL 1986, MEZALI 2003). Son amplitude écologique est très vaste (NAHAL 1962). Même si c'est entre 350 et 700 mm de précipitations annuelles que l'espèce présente son développement maximal (QUEZEL 1980), la pluviométrie ne semble pas être un facteur déterminant pour sa répartition puisqu'elle pousse dans des zones où les précipitations annuelles sont comprises entre 200 et 1 500 mm (RATHGEBER 2002).

En Tunisie, le pin d'Alep est présent sous différents étages bioclimatiques, depuis l'aride supérieur jusqu'à l'humide avec des variantes thermiques chaudes, douces et tempérées, son optimum de croissance étant enregistré dans le semi-aride à hivers frais (HAMROUNI 1978, GARCHI 1992).

Sur le plan thermique, le pin d'Alep supporte bien les chaleurs excessives, mais il craint les températures basses qui peuvent occasionner des dégâts importants surtout aux jeunes plants (KHOUJA 1997). La moyenne des minima du mois le plus froid, qui semble être un facteur limitant pour son développement et sa survie, ne doit pas descendre au-dessous de 0 °C (GARCHI 1992).

Pour ce qui est de la nature du sol, si le pin d'Alep préfère les sols marno-calcaires, il supporte les encroûtements calcaires et même gypseux; il tolère très mal les sols compacts et hydromorphes (limoneux et limono-argileux) et les sols à faible rétention (sable profond) (KHOUJA 1997).

Du point de vue végétation, le pin d'Alep est très souvent associé au chêne vert, sauf dans la variante froide. Il est associé également à *Juniperus phoenicea* et à *Stippa tenacissima*, son optimum de développement étant enregistré avec l'association *Rosmarinus officinalis*, *Cistus libanotis*, *Fumaria thymifolia* et *Fumaria ericoides*. Enfin, il faut signaler que le pin d'Alep supporte moins les embruns marins que le pin pignon (*Pinus pinea*) et le pin maritime (*Pinus pinaster*) (KHOUJA 1997).

Exclusives en Tunisie, les graines de l'espèce en question constituent l'ingrédient principal d'un plat secondaire préparé à l'occasion de l'anniversaire du prophète Mahomet.

2.2. PRESENTATION DES PROVENANCES

Quarante et une provenances ont été comparées, dont vingt-neuf tunisiennes (code T), sept marocaines (code M), trois italiennes (code I), une de la région de Jérusalem et une d'origine indéterminée (SGHAIER 2005). Le tableau 1 présente les origines des provenances (localités, pays ou région), leur code associé et leur répartition par site expérimental.

Tableau 1

Lieux d'origine des provenances et répartitions par site expérimental

N°	Code	Localités	Code pays ou région	Abderrahman	Korbous	Nâam	Souiniet	Provenances communes
1	A	Affra	M	+	+	+	+	+
2	AA	Mejez El Bab	T	+	+	+	+	+
3	AB	Ouesselatia Sud	T	+	+	+	+	+
4	AC	Ouergha	T	+	+	+	+	+
5	AD	Marchana	T	+	+	+	+	+
6	AE	Jebel Zaghouan	T	+	+	+	+	+
7	AF	Oum Jedour	T	+	+	+	+	+
8	AG	Selloum	T	+	+	+	+	+
9	AH	M'Guila	T	+	+	+	+	+
10	AI	Fernana	T	+	+	+	+	+
11	AJ	Otricoli	I	+	+	+	+	+
12	AK	Gargano	I	+	+	+	+	+
13	AL	Patemisco	I	+	+	+	+	+
14	AM	Jérusalem	J	+	-	+	+	-
15	AN	Bizerte	T	+	-	+	+	-
16	AO	Chambi	T	-	-	+	+	-

N°	Code	Localités	Code pays ou région	Abderrahman	Korbous	Nâam	Souiniet	Provenances communes
17	B	Ait Tamellil	M	+	-	+	+	-
18	C	Sgate	M	-	-	+	+	-
19	D	Tanmizdite	M	-	-	+	+	-
20	E	Tillouguite	M	-	-	+	+	-
21	F	Oued Tessaoute	M	-	-	+	+	-
22	G	Aknoul	M	+	-	+	+	-
23	H	Sakiet	T	+	+	+	+	+
24	J	Jebel Korbous	T	+	+	+	+	+
25	K	J. Abderrahman	T	+	+	+	+	+
26	L	Ain Zeres	T	+	+	+	+	+
27	M	Mine de Serj	T	+	+	+	+	+
28	N	Kessera	T	+	+	+	+	+
29	O	Oued El Bir	T	+	+	+	+	+
30	P	Segermes	T	+	+	+	+	+
31	Q	Semama	T	+	+	+	+	+
32	R	Berino	T	+	+	+	+	+
33	S	Chambi	T	-	-	+	+	-
34	T	Saïdane	T	+	+	+	+	+
35	TV	Indéterminé	-	+	-	-	-	-
36	U	Jebel Echeid	T	+	+	+	+	+
37	V	Dernaia	T	+	+	+	+	+
38	W	Sodga	T	+	+	+	+	+
39	X	Takrouna II	T	+	+	+	+	+
40	Y	Mellègue	T	+	+	+	+	+
41	Z	Jebel Koumine	T	+	+	+	+	+

2.3. DESCRIPTION DES SITES EXPERIMENTAUX

Les sites expérimentaux (fig. 1) ont été implantés à Korbous, Jbel Abderrahman, Henchir Nâam et Souiniet. Les trois premiers sites ont été choisis dans différentes régions de l'aire tunisienne de répartition du pin d'Alep de manière à couvrir un ensemble de conditions pédoclimatiques susceptibles d'être rencontrées dans les zones à reboiser. Quant au site de Souiniet, il a été choisi pour évaluer le comportement des provenances en dehors de la zone de répartition naturelle du pin d'Alep.

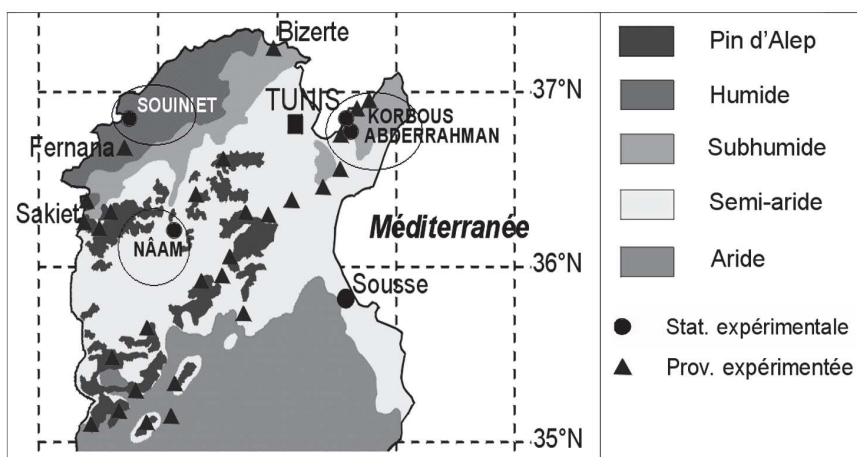


Fig. 1. — Localisation des provenances et des sites expérimentaux (KHOUJA 1997).

Le tableau 2 résume les caractéristiques pédoclimatiques des différents sites.

Tableau 2
Description des sites

Site	Jbel Abderrahman	Korbous	Henchir Nâam	Souiniet
Situation de la parcelle expérimentale	Versant ouest	Versant sud	Zone agricole	Versant sud
Altitude (m)	255	180	450	492
Climat	Subhumide à hiver chaud	Subhumide à hiver chaud	Semi-aride moyen à hiver tempéré	Humide à hiver tempéré
Précipitations annuelles moyennes (mm)	600	540	524	1 140
Température annuelle moyenne (° C)	18,0	18,2	16,3	15,6
Température maximale (° C)	32,4	32,7	34,0	31,0
Température minimale du mois le plus froid (° C)	7,9	6,8	3,3	4,4
Lithologie	Grès et argiles non calcaires	Grès et marne, encroûtements calcaires, sable éolien	Calcaire dur	Grès et argiles bariolées (flysch numidien)
Remarque	Roche-mère affleurant dans le bas du dispositif	—	Bancs de calcaire marneux dans le haut du dispositif	—

2.4. PLAN EXPERIMENTAL

Les essais ont été installés durant les campagnes de plantation 1964 et 1965 (KHOUBA 1997). Les plants utilisés avaient un âge compris entre six et douze mois. La plantation a été effectuée dans des trous de 80 cm de profondeur à une distance de 3 m d'écartement.

Pour contrôler l'hétérogénéité des conditions expérimentales observées à l'origine, le dispositif implanté dans les quatre sites était un dispositif en blocs aléatoires complets avec des parcelles expérimentales mono-arbre. Le nombre de provenances par site variait de trente à quarante et celui des répétitions était de l'ordre de quarante.

Dans cette étude, seules les données issues des trente provenances communes aux quatre sites ont été retenues (*cf.* tab. 1: symbole +). De plus, le taux de mortalité peut être considéré comme un critère d'adaptabilité des provenances aux différents sites expérimentaux. Toutes les provenances dont le taux de mortalité enregistré après une quarantaine d'années de croissance dépasse 50 % de l'effectif de départ au moins dans deux sites sont écartées de l'analyse (provenances AA, AK, J et O).

Les observations ont concerné la croissance en hauteur (1967, 1970, 1971, 1975, 1991, 1993 et 2000) et en diamètre à 1,30 m de hauteur (1975, 1993 et 2000), la résistance au pilodyn (profondeur de pénétration d'une aiguille dans le tronc) et la forme générale des arbres (rectitude et branchaison: codes de 1 à 3). Précisons encore que seules les mesures en 1993 et 2000 ont concerné la hauteur et le diamètre pour les quatre sites en même temps.

La hauteur totale des arbres a été mesurée à l'aide d'une réglette télescopique, tandis que le diamètre a été mesuré au moyen d'un compas forestier.

Les résultats présentés au chapitre 4 concernent les données observées après vingt-neuf années de croissance, le rang social des plants n'étant plus affecté par la suite.

3. Méthodes

3.1. ANALYSE STATISTIQUE GENERALE

Les observations sur le terrain ont montré que le contrôle de l'hétérogénéité par l'intermédiaire des blocs était insatisfaisant. Dès lors, des ajustements des données brutes à l'effet terrain, site par site, à l'aide d'un modèle dit des plus proches voisins, ont été mis au point spécialement pour cette étude (SGHAIER *et al.* 2004, SGHAIER 2005). En conséquence, il n'est plus tenu compte par la suite du facteur bloc.

Les données transformées des variables étudiées ont été ajustées au modèle d'analyse de la variance à deux critères de classification provenances et sites,

considérés comme facteurs fixes, et leur interaction. Le léger déséquilibre résultant de quelques données manquantes a été corrigé par l'estimation des moyennes des échantillons, les nombres de degrés de liberté de l'erreur ont été corrigés en conséquence (DAGNELIE 2011).

Les analyses conduisent au constat que l'interaction provenances-environnements est significative pour les variables analysées; deux méthodes d'interprétation de celle-ci sont proposées ci-après, sachant que l'application des méthodes classiques de comparaisons multiples des moyennes (DAGNELIE 2011) n'a pas permis d'atteindre l'objectif attendu, compte tenu des chevauchements importants ne permettant pas d'aboutir à un choix limité de provenances.

3.2. ETUDE DE L'INTERACTION PROVENANCES-ENVIRONNEMENTS

Soit Y , une des variables à analyser, $Y_{...}$, $Y_{i..}$, $Y_{.j.}$ et $Y_{ij.}$, respectivement la moyenne générale, la moyenne de la provenance i ($i = 1, \dots, p$), la moyenne de l'environnement j ($j = 1, \dots, q$) et la moyenne de la provenance i dans l'environnement j qui sont estimées au départ des données notées Y_{ijk} ($k = 1, \dots, n$).

L'écovalence de WRICKE (1962) est la contribution de la provenance i à la somme des carrés des écarts de l'interaction provenances-environnements:

$$W_i = \sum_{j=1}^q (\bar{Y}_{ij.} - \bar{Y}_{i..} - \bar{Y}_{.j.} + \bar{Y}_{...})^2 = \sum_{j=1}^q I_{ij}^2.$$

Une valeur nulle ou faible de W_i indique une grande stabilité de la provenance (CLAIR & KLEINSCHMIT 1986) puisque sa contribution à l'interaction est alors faible et le contraire sinon.

Quant à l'écovalence moyenne pour la provenance i , elle se définit par l'indice suivant:

$$W'_i = \frac{1}{n_{i..}} \sum_{j=1}^q n_{ij.} I_{ij}^2,$$

$n_{i..}$ étant l'effectif pour la provenance i .

On peut encore exprimer relativement cette écovalence individuelle de la manière suivante:

$$W_i'' = \frac{W'_i}{\sum_{i=1}^p W'_i} \times 100.$$

Enfin, toutes ces formules peuvent être adaptées pour étudier la contribution d'un environnement à l'interaction.

Les moyennes des provenances étant classées par ordre croissant ou décroissant pour chaque environnement j ou rangs r_{ij} , le paramètre de stabilité de HUHNS (1979) est la moyenne des écarts des rangs de la provenance i en comparant toutes les paires d'environnement (CLAIR & KLEINSCHMIT 1986); sa formulation est la suivante:

$$S_{li} = \frac{2 \sum_{j>j'} |r_{ij} - r_{ij'}|}{q(q-1)} .$$

Comme pour l'autre indice de stabilité, une provenance qui occupe des rangs similaires dans les différents environnements est considérée comme stable et doit avoir une valeur de S_{li} nulle ou faible. Cet indice est aussi intéressant à considérer au plan théorique dans la mesure où il est de nature non paramétrique.

Pour chaque indice, une analyse graphique représentant ses valeurs en fonction des moyennes des provenances de la variable analysée peut aider le forestier dans le choix de ces dernières.

4. Résultats

4.1. ANALYSE DES SITES

Le tableau 3 présente les écovalences relatives de chaque site dans l'interaction provenances-environnements pour chacune des trois variables principales. Le site de Souiniet est à l'origine de plus de la moitié de la variabilité attribuable à l'interaction. Cette forte contribution de Souiniet se traduit par un important changement de classement de quelques provenances dans ce site par rapport aux autres sites (chapitre 4.2); elle peut être liée aux conditions écologiques particulières qui le caractérisent.

En outre, l'excès d'eau et de froid de cette région, située à l'extrême nord-ouest du pays, semble offrir des conditions contraignantes pour certaines provenances (KHOUSA 1997). De plus, la variabilité enregistrée dans le site de Souiniet représente presque le double de la même variabilité enregistrée dans les autres sites et ceci pour l'ensemble des caractères mesurés.

Tableau 3
Ecovalences relatives des sites (W_j) en %

Variables	Abderrahman	Korbous	Nâam	Souiniet
Hauteur	12,82	10,38	25,74	50,86
Diamètre	12,28	10,96	21,70	55,07
Forme	8,74	16,25	11,25	63,78

A titre d'exemples, les tableaux 4 et 5 décrivent les hauteurs moyennes et les diamètres moyens, exprimés en centimètres, pour les provenances, par site et pour l'ensemble des sites, ainsi que leur classement décroissant. Nous constatons que les rangs les plus contrastés, occupés par les quatre provenances (A, AL, AJ et L) contribuant le plus à la somme des carrés des écarts de l'interaction provenance-site, sont observés dans Nâam et Souiniet.

Par ailleurs, en regardant les caractéristiques pédoclimatiques des différents sites et les exigences écologiques du pin d'Alep (chapitre 2.3), nous remarquons que les deux mêmes sites représentent les conditions écologiques extrêmes pour le développement de cette espèce, les sites de Korbous et d'Abderrahman ayant des conditions pédoclimatiques intermédiaires. De ce fait, nous pouvons considérer que sur les quatre sites expérimentaux, le site de Nâam présente les conditions les plus favorables et celui de Souiniet les conditions les moins favorables pour le développement du pin d'Alep.

L'interprétation de l'adaptabilité et de la stabilité des provenances du point de vue croissance (chapitre 4.2) est donc finalement basée sur le comportement de ces dernières dans chacun des sites de Nâam et de Souiniet.

4.2. ANALYSE DES PROVENANCES

4.2.1. Paramètres de croissance

L'interaction très hautement significative observée pour la hauteur et le diamètre est principalement due aux provenances A, AL, AJ et L dans les différents sites. En effet, selon les valeurs des écovalences relatives, ces quatre provenances contribuent à elles seules à la somme des carrés des écarts de l'interaction provenances-sites avec 51,27 % pour la hauteur et 49,19 % pour le diamètre. Selon leur classement dans les deux sites de référence, considérés comme représentant les conditions extrêmes au développement de l'espèce (chapitre 4.1), les trois premières provenances sont mieux classées dans le site de Souiniet que celui de Nâam, alors que c'est le phénomène inverse qui est observé pour la provenance L et ceci pour les deux caractères de croissance mesurés (tab. 4 et 5).

Dans la représentation graphique des indices de stabilité (figs 2 et 3) en fonction des performances moyennes des différentes provenances, celles se trouvant du côté inférieur et à droite sont préférées. Il s'agit des provenances les plus performantes et les plus stables. Certes, le nombre et l'identité des provenances situées dans cette zone varient légèrement d'un indice de stabilité à un autre et d'un caractère mesuré à un autre. Ainsi, les provenances Q, R, V et Y appartiennent au groupe des provenances les plus performantes et les plus stables du point de vue croissance en hauteur et en diamètre. Les provenances AC, AG et AH peuvent également être ajoutées à ce groupe, même si les valeurs des indices dépassent parfois «légèrement» leur valeur moyenne.

La provenance AF apparaît aussi digne d'intérêt, vu ses performances en hauteur et en diamètre, et sa stabilité pour l'indice S_{ii} , uniquement dans le cas de la hauteur, tout en n'étant pas trop éloignée de la valeur moyenne pour l'autre indice; cette provenance est également retenue.

Finalement, les huit provenances AC, AF, AG, AH, Q, R, V et Y sont considérées comme les plus stables et les plus performantes du point de vue de leur croissance en hauteur et en diamètre.

Tableau 4

Hauteur totale (mesurée à l'âge de 29 ans): valeurs moyennes par site expérimental (cm)

Prov.	Abderrahman		Korbous		Nâam		Souiniet		Total	
	moy.	rang	moy.	rang	moy.	rang	moy.	rang	moy.	rang
AG	786,60	1	564,76	1	736,66	1	679,67	4	691,92	1
AF	748,51	5	509,87	9	706,73	6	689,70	3	663,70	2
A	711,71	10	492,39	12	678,36	12	708,15	1	647,66	3
Y	754,76	3	523,58	5	725,95	2	581,39	9	646,42	4
R	752,43	4	542,17	3	722,20	3	563,96	10	645,19	5
AL	741,38	7	522,81	6	596,11	25	702,83	2	640,78	6
V	731,18	8	510,97	8	711,18	5	608,40	7	640,43	7
AH	689,22	12	549,01	2	691,28	10	604,84	8	633,59	8
X	758,56	2	532,41	4	696,56	7	528,85	15	629,10	9
AC	747,75	6	518,95	7	711,95	4	532,30	13	627,74	10
Q	697,59	11	500,79	11	695,28	8	612,03	6	626,42	11
AJ	719,59	9	509,49	10	630,10	20	617,71	5	619,22	12
AD	662,21	18	473,81	14	680,79	11	529,14	14	586,49	13
U	651,32	20	491,70	13	652,14	15	538,00	12	583,29	14
H	677,67	15	462,04	15	693,75	9	493,18	21	581,66	15
T	634,00	21	448,31	18	665,09	14	508,63	19	564,01	16
N	673,32	16	436,41	21	644,36	18	500,37	20	563,62	17
AI	678,76	14	446,43	19	631,93	19	480,04	23	559,29	18
M	610,51	25	456,54	17	650,49	16	508,63	18	556,54	19
P	633,18	22	418,30	23	645,41	17	514,02	17	552,72	20
L	685,54	13	424,40	22	665,29	13	421,50	26	549,18	21
AB	671,94	17	383,85	25	601,70	24	521,70	16	544,80	22
Z	654,92	19	461,75	16	620,95	22	439,88	25	544,37	23
AE	611,43	24	441,58	20	623,58	21	489,30	22	541,47	24
W	611,77	23	358,08	26	592,79	26	551,65	11	528,57	25
K	609,25	26	417,99	24	620,13	23	442,82	24	522,55	26
Moy.	688,66		476,86		665,03		552,64		595,80	

Tableau 5

Diamètre à 1,30 m (mesuré à l'âge de 29 ans): valeurs moyennes par site expérimental (cm)

Prov.	Abderrahman		Korbous		Nâam		Souiniet		Total	
	moy.	rang	moy.	rang	moy.	rang	moy.	rang	moy.	rang
AG	12,20	1	9,85	4	11,96	3	13,63	3	11,91	1
AL	11,50	2	9,60	5	9,09	23	15,58	1	11,44	2
R	11,27	4	10,59	2	12,01	2	11,49	9	11,34	3
Y	10,53	7	9,44	8	12,15	1	13,14	5	11,32	4
AF	10,95	5	8,66	12	11,73	4	13,90	2	11,31	5
X	11,46	3	10,59	1	11,39	7	9,99	11	10,86	6
V	10,31	8	9,35	9	11,36	8	12,06	7	10,77	7
Q	9,73	11	9,50	6	11,42	5	11,86	8	10,63	8
A	9,76	10	8,52	14	9,95	16	13,59	4	10,46	9
AH	9,69	13	10,35	3	11,00	11	10,28	10	10,33	10
AC	10,59	6	9,19	10	11,39	6	9,65	15	10,21	11
AD	9,81	9	8,61	13	11,16	10	9,86	13	9,86	12
N	9,73	12	7,60	21	10,81	12	9,93	12	9,52	13
AJ	8,80	16	7,80	16	9,07	24	12,19	6	9,46	14
U	8,27	18	9,49	7	10,18	15	8,99	16	9,23	15
H	8,85	15	8,84	11	11,28	9	7,69	21	9,16	16
AI	9,19	14	7,62	20	9,63	17	7,65	23	8,52	17
T	7,21	22	7,91	15	10,20	14	7,86	20	8,29	18
AE	7,72	19	7,80	17	9,44	20	8,03	19	8,24	19
M	6,69	24	7,71	18	9,45	19	8,59	17	8,11	20
L	8,36	17	7,42	23	10,41	13	5,53	26	7,93	21
Z	7,37	20	7,67	19	9,60	18	6,84	24	7,87	22
P	6,93	23	6,45	24	9,33	22	8,29	18	7,75	23
K	6,18	25	7,43	22	9,42	21	6,45	25	7,37	24
W	6,03	26	5,21	26	8,41	25	9,74	14	7,35	25
AB	7,34	21	5,66	25	8,29	26	7,67	22	7,24	26
Moy.	9,09		8,42		10,39		10,02		9,48	

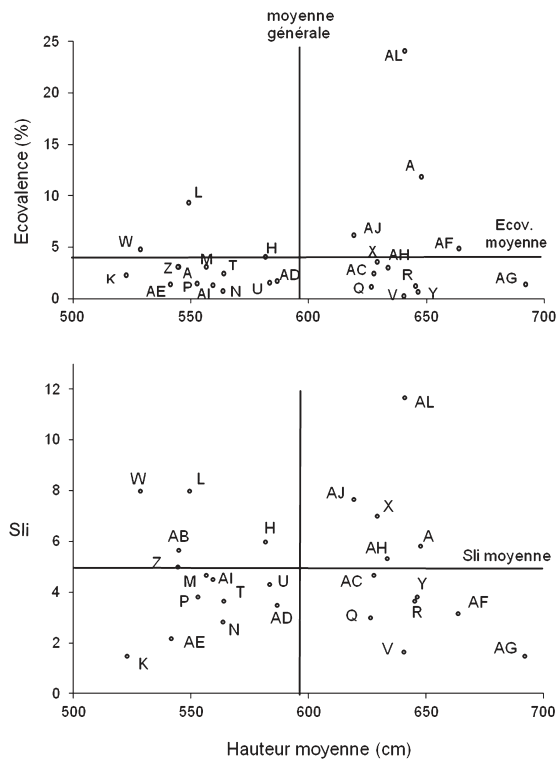


Fig. 2. — Projection des provenances en fonction de leur hauteur moyenne (cm) et des indices de stabilité W_i^1 et S_{ii} .

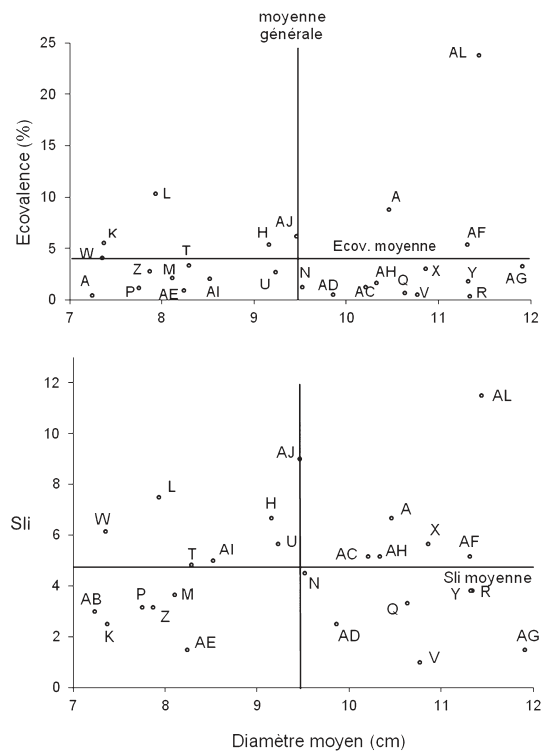


Fig. 3. — Projection des provenances en fonction de leur diamètre moyen (cm) et des paramètres de stabilité W_i^1 et S_{ii} .

4.2.2. *Forme générale des arbres et résistance au pilodyn*

En résumant un raisonnement analogue au précédent, parmi les huit provenances retenues, sept sont également performantes du point de vue de la forme, mais cinq sont considérées comme stables: AF, AG, Q, R et Y. Les deux provenances AH et V ont une belle forme mais sont instables, sauf en ce qui concerne AH pour l'indice S_{ii} , tandis que la provenance AC, qui est stable selon les deux indices de stabilité, possède une forme moyenne inférieure à la moyenne générale.

Quant aux résultats relatifs à la résistance au pilodyn, ils peuvent se résumer comme suit: les provenances les plus performantes du point de vue croissance sont celles qui résistent le moins au pilodyn. De ce fait, cette variable n'a aucun intérêt pour l'interprétation des résultats; il est par conséquent justifié de l'omettre des analyses.

5. Discussion et conclusion

L'analyse des interactions provenances-environnements a permis de déterminer les sites les plus interactifs pour les deux paramètres de croissance (hauteur et diamètre), à savoir les sites de Nâam et de Souiniet, le premier étant considéré comme le site le plus favorable et le second comme le plus défavorable au développement du pin d'Alep.

La seconde interprétation pour les provenances a permis d'identifier celles qui contribuent le plus aux interactions.

Le tableau 6 présente les huit provenances sélectionnées sur la base de leur performance et leur stabilité du point de vue croissance en hauteur et en diamètre ainsi que de leur forme. Ces huit provenances sont toutes performantes (symbole +) en moyenne du point de vue croissance en hauteur et en diamètre et ont une forme satisfaisante en moyenne à l'exception de la provenance AC (symbole -). Du point de vue stabilité, ces mêmes provenances sont stables à plus ou moins stables (symbole \pm) selon l'indice de stabilité utilisé à l'exception de la provenance AF pour la croissance en diamètre et de la provenance V pour la forme.

En conclusion, les quatre provenances AG (*Selloum*), Q (*Semmama*), R (*Berino*) et Y (*Mellègue*) peuvent être considérées comme les plus performantes et les plus stables du point de vue croissance en hauteur, en diamètre et pour leur forme. Elles sont à recommander pour la Tunisie.

Si besoin est, les trois provenances AH (*M'Guila*), AF (*Oum Jedour*) et V (*Derneia*) peuvent également être recommandées en deuxième lieu. En effet, la provenance AH s'est montrée performante et plus ou moins stable en hauteur, en diamètre et pour la forme. La provenance AF s'est montrée très performante et plus ou moins stable pour la hauteur, performante mais non stable pour le

diamètre et stable pour la forme. La provenance V pourrait aussi être retenue; si elle s'est montrée performante et stable en hauteur et en diamètre, elle ne l'est pas pour la forme.

Enfin, la provenance AC (*Ouergha*) qui était également sélectionnée pour la hauteur et le diamètre est encore moins satisfaisante pour la forme. Il est donc suggéré de ne pas la retenir pour la sélection.

Tableau 6

Performance (P) et stabilité (S) des provenances sélectionnées selon la croissance en hauteur et en diamètre et leurs caractéristiques pour les paramètres de forme et de densité du bois

Provenances	Hauteur		Diamètre		Forme	
	P	S	P	S	P	S
AC	+	+	+	±	-	+
AF	+	±	+	-	+	+
AG	+	+	+	±	+	±
AH	+	±	+	±	+	±
Q	+	+	+	+	+	+
R	+	+	+	+	+	+
V	+	+	+	+	+	-
Y	+	+	+	+	+	+

BIBLIOGRAPHIE

- CLAIR, J. B. & KLEINSCHMIT, J. 1986. Genotype-Environment Interaction and Stability in Ten-Year Height Growth of Norway Spruce Clones (*Picea abies* Karst.). — *Silvae Genetica*, **35** (6): 177-186.
- DAGNELIE, P. 2011. Statistique théorique et appliquée. Inférence statistique à une et deux dimensions. — Bruxelles, De Boeck, 736 pp.
- GARCHI, S. 1992. Approche multidimensionnelle de la typologie et de la cartographie des stations à Pin d'Alep de la région de Touiref (Tunisie septentrionale). — Louvain-la-Neuve, Université catholique de Louvain, thèse de doctorat, 204 pp.
- HAMROUNI, A. 1978. Etude phyto-écologique et problèmes d'utilisation et d'aménagement des forêts de Pin d'Alep de la région de Kasserine (Tunisie centrale). — Université Aix-Marseille III, 106 pp.
- HUHN, M. 1979. Beiträge zur Erfassung der phänotypischen Stabilität. I. Vorschlag einiger auf Ranginformation beruhenden Stabilitätsparameter. — *EDV in Medizin und Biologie*, 10: 112-117.
- KHOUJA, M. L. 1997. Variabilité géographique du Pin d'Alep en Tunisie: perspectives d'amélioration de la productivité et de la qualité physique du bois. — Louvain-la-Neuve, Université catholique de Louvain, thèse de doctorat, 181 pp.
- MEZALI, M. 2003. Rapport sur le secteur forestier en Algérie. Troisième session du forum des Nations Unies sur les forêts, 9 pp.
- NAHAL, I. 1962. Le Pin d'Alep. Etude taxonomique, phytogéographique, écologique et sylvicole. — *Annales de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts*, **19** (4): 533-627.
- PARDE, J. 1957. La productivité des forêts de Pin d'Alep en France. — *Ann. E.N.E.F de la Stat. Rech. Expér.*, **15** (2): 367-414.

- QUEZEL, P. 1980. Biogéographie et écologie des conifères sur le pourtour méditerranéen. Actualité d'écologie forestière. — Paris, éd. Gauthier-Villars, pp. 205-255.
- QUEZEL, P. 1986. Les pins du groupe «*Halepensis*»: écologie, végétation, écophysiologie. — *Options Méditerranéennes, Sér. Etudes CIHEAM*, **86** (1): 11-23.
- RATHGEBER, C. 2002. Impact des changements climatiques et de l'augmentation du taux de CO₂ atmosphérique sur la productivité des écosystèmes forestiers: exemple du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) en Provence calcaire (France). — Université de Droit, d'Economie et des Sciences d'Aix-Marseille, thèse de doctorat, 312 pp.
- SGHAIER, T. 2005. Contrôle de l'hétérogénéité spatiale dans des essais comparatifs de provenances de Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) installés dans les arboreta de Tunisie. — Institut national agronomique de Tunisie, thèse de doctorat, 126 + 41 pp.
- SGHAIER, T., CLAUSTRIAUX, J.-J. & BEJI, M. A. 2004. Intérêt des modèles des plus proches voisins pour le contrôle de l'hétérogénéité spatiale: application à un essai de provenances de pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) en Tunisie. — *Revue de l'INAT*, **19** (2): 5-22.
- WRICKE, G. 1962. Über eine Methode zur Erfassung der ökologischen Streubreite in Ferldversuchen. — *Z. Pflanzzüchtg.*, **47**: 92-96.

L’Afrique, géant énergétique et nain électrique. Décryptage d’un paradoxe*

par

Christine HEURAUX**

MOTS-CLES. — Electrification en Afrique subsaharienne; Ressources énergétiques; Consommation électrique; Chiffres clés; Défis et conditions de succès.

RESUME. — Si l’accès à l’électricité est désormais reconnu comme un levier déterminant pour atteindre les Objectifs du Millénaire, 1,4 milliard de personnes dans le monde en sont toujours privées, dont plus d’une sur deux vit en Afrique [1]**. Or l’électricité recouvre des enjeux à la fois économiques, politiques, sociaux et environnementaux. Bien que largement dotée en ressources énergétiques, l’Afrique subsaharienne affiche une capacité de production électrique inférieure à celle du Royaume-Uni! Plus grave, ses taux d’électrification sont les plus bas de la planète, soit en moyenne 32 %, mais à peine 13 % en zone rurale. Comment expliquer ces décalages? Quels sont les remèdes? Quelles conditions faudra-t-il remplir pour relever le défi de l’électrification en Afrique? Autant de questions auxquelles cet article tente d’apporter des réponses et des illustrations concrètes.

KEYWORDS. — Electrification in Sub-Saharan Africa; Energy Resources; Electricity Consumption; Key Figures; Challenges and Success Factors.

SUMMARY. — *Africa, Energy Giant and Electric Dwarf. Decoding a Paradox.* — Although access to electricity is now recognized as a key factor to achieve the Millennium Development Goals, 1.4 billion of people in the world still lack this access, more than one of two of them living in Africa. This is a quite challenging issue, knowing that electricity has to do with economic, political, social and environmental stakes. Sub-Saharan Africa is overflowing with energy resources; nevertheless its installed capacity to generate electricity is inferior to the one of United Kingdom! Even worse, its electrification rates — around an average of 32 %, but scarcely 13 % for rural areas — are among the lowest in the world. What is the reason for such a paradox? What kind of remedies could be applied? What are the conditions to take up successfully the challenge of electrification in Africa? These questions make the core of this paper, leading to some factual answers through concrete figures and illustrations.

* Communication présentée à la séance commune des trois Classes tenue le 15 janvier 2015. Texte reçu le 10 février 2015, soumis à *peer-review*. Version définitive, approuvée par les *reviewers*, reçue le 29 décembre 2015.

** Déléguée régionale EDF-DAR, Délégation régionale Bourgogne Franche-Comté, av. Françoise Giroud 38, BP 87981, Les Jardins de Valmy, F-21079 Dijon (France).

*** Les chiffres entre crochets [] renvoient aux notes, p. 468.

1. Introduction

Présenter l'électrification du continent africain en quelques pages est un défi qu'il n'est pas question de relever ici; en revanche, cet article entend montrer, à travers ce qui restera une simple introduction à ce vaste sujet, toute la complexité des enjeux qu'il recouvre. Complexité qui tient au secteur lui-même car l'électricité recèle des enjeux à la fois économiques, politiques, sociaux et environnementaux.

Mais cette complexité trouve sa première explication dans le fait que l'Afrique se compose de cinquante-quatre pays très contrastés en taille, en poids économique, démographique, en ressources et perspectives de croissance — des disparités et des contrastes qui s'illustrent tout particulièrement à travers le secteur énergétique et, en particulier, le vecteur énergétique «électricité».

A défaut de pouvoir traiter ces enjeux et ces différences dans leur exhaustivité, on livrera ici quelques clés de compréhension sur un secteur essentiel pour la croissance africaine. Le parcours suivi sera divisé en trois étapes, organisées autour de trois questions:

- De quoi parle-t-on? Quelques chiffres et ordres de grandeur permettront de dresser un état des lieux du secteur électrique africain et d'en illustrer les nombreux paradoxes.
- Pourquoi le continent affiche-t-il tant de paradoxes? On décryptera les principales raisons de ce décalage saisissant entre «potentiels» et réalité.
- Comment relever le défi de l'électrification de tout un continent?

2. Etat des lieux: de quoi parle-t-on?

L'Afrique est un géant énergétique par les ressources naturelles en énergie primaire (c'est-à-dire d'origine fossile, renouvelable et fissile) dont elle dispose, mais un nain pour l'exploitation de ses capacités énergétiques (et en particulier pour leur transformation en électricité).

2.1. RESSOURCES ET POTENTIELS ENERGETIQUES

Le continent africain est d'abord un formidable gisement de ressources énergétiques [2] (figs 1, 2, 3, 4).

La première ressource à laquelle on pense est généralement l'énergie solaire, car elle est omniprésente et *a priori* gratuite. Elle est loin d'être la seule.

Il faut aussi citer les ressources hydrauliques, qui représentent 10% des ressources mondiales et dont 8% à peine sont exploitées.

Le continent recèle également 8% des réserves mondiales de pétrole, 7% des réserves mondiales de gaz, des potentiels qui pourraient bien être revus à la

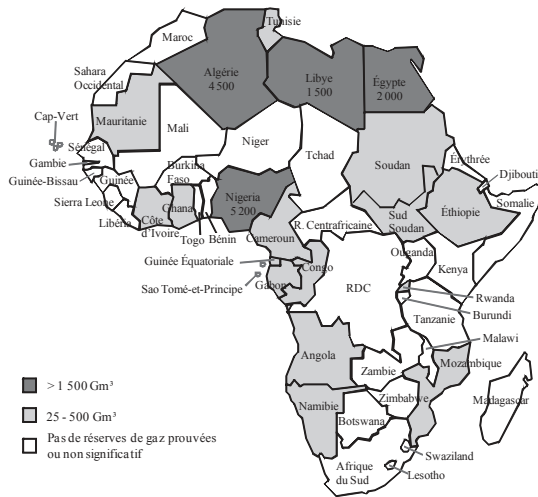


Fig. 1. — Localisation des principales réserves de gaz (sources: BP 2010, EIA 2011-2012).

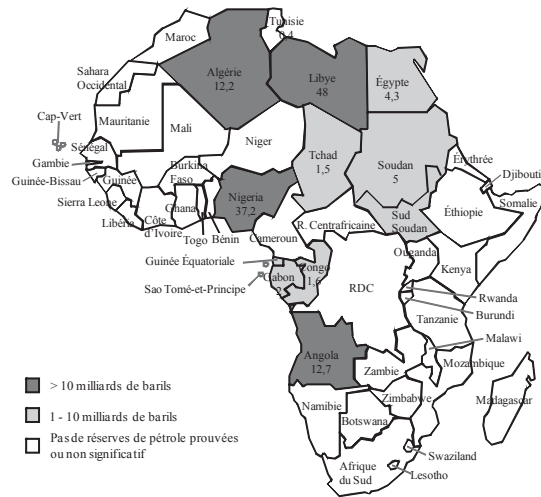


Fig. 2. — Localisation des principales réserves de pétrole (sources: BP 2010, EIA 2011-2012).

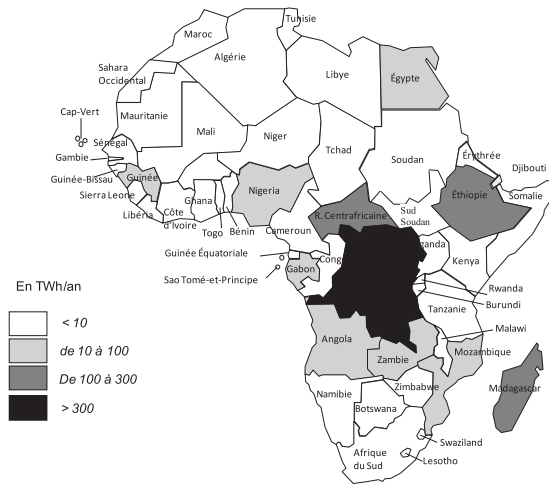


Fig. 3. — Localisation des principaux potentiels hydrauliques techniquement exploitables (source: EDF 2013).

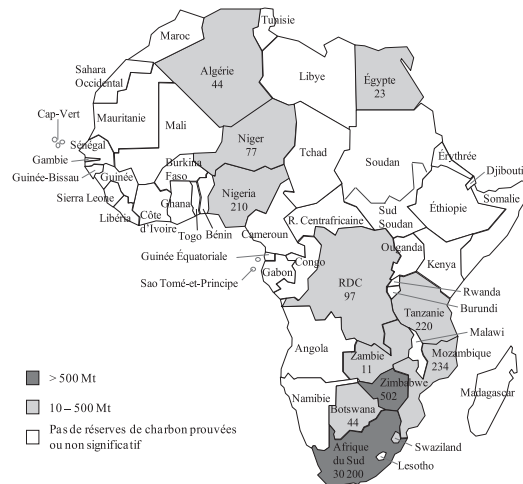


Fig. 4. — Localisation des principales réserves de charbon (sources: BP 2010, EIA 2011-2012).

hausse si l'on considère qu'un tiers des découvertes en gaz et en pétrole faites dans le monde au cours des cinq dernières années l'a été en Afrique subsaharienne.

Par ailleurs, 4% des réserves mondiales de charbon se trouvent en Afrique, qui compte aussi 17% de celles d'uranium.

Sans oublier les ressources éoliennes — 29% des réserves mondiales —, géothermiques — 15% du potentiel mondial à haute température — ou encore en biomasse — 60% des terres arables encore non cultivées dans le monde sont en Afrique subsaharienne (même s'il faut, dans ce domaine, prendre en compte les nécessaires arbitrages entre leur exploitation à des fins alimentaires et énergétiques).

A priori, le continent n'a donc aucune raison de s'inquiéter quant à son accès aux énergies primaires nécessaires à la production d'électricité. En revanche, il y a de quoi s'inquiéter pour l'exploitation proprement dite, c.-à-d. la production, le transport et la distribution d'électricité.

2.2. ETAT ACTUEL DES CAPACITES ET DE L'OFFRE [3]

Face à ces gisements de ressources abondants et variés, la carte de l'offre est loin d'être aussi généreuse. Une vue satellite bien connue («vue d'artiste», étant donné que la terre n'est jamais tout entière dans l'obscurité) vaut à elle seule démonstration et fait apparaître la faible densité des réseaux électriques en Afrique (fig. 5): à populations équivalentes, l'obscurité qui règne sur le continent africain contraste avec les maillages lumineux de l'Inde et de la Chine.

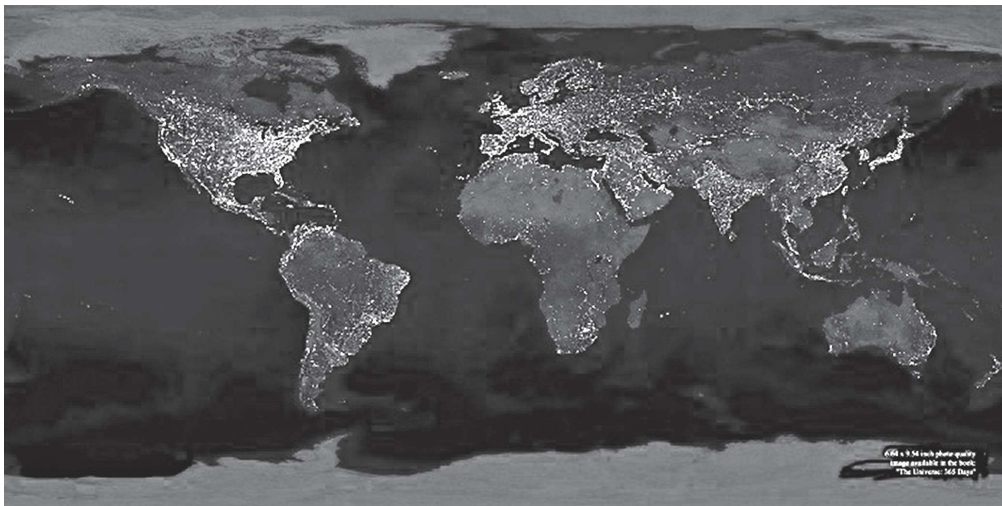


Fig. 5. — Accès à l'électricité (source: «The Universe: 365 Days» de Robert J. Nemiroff).

On peut traduire cette faiblesse de l'électrification en quelques chiffres: la capacité électrique installée de toute l'Afrique (133 GW pour un milliard d'habitants) équivaut à celle du Canada pour trente-sept millions d'habitants. Celle de l'Afrique subsaharienne (78 GW pour huit cent soixante millions d'habitants) est inférieure à celle de la Corée du Sud pour quarante-neuf millions d'habitants. Et si l'on fait abstraction de l'Afrique du Sud, cette capacité n'est plus que de 34 GW pour huit cent dix millions d'habitants, soit l'équivalent de celle dont dispose la Pologne pour trente-huit millions d'habitants.

Ces chiffres appellent toutefois des précisions: ils recouvrent de fortes disparités et revêtent à certains égards un aspect théorique.

Côté disparités, on signalera que deux pays, l'Afrique du Sud et l'Égypte, produisent à eux seuls 60 % de l'électricité du continent, respectivement 38 % et 22 % (2008).

Plus globalement, la puissance électrique se concentre à 80 % au nord et au sud où vit un quart de la population, l'entre-deux devant se contenter de 20 % de la puissance installée alors que 75 % de la population y vit (fig. 6).

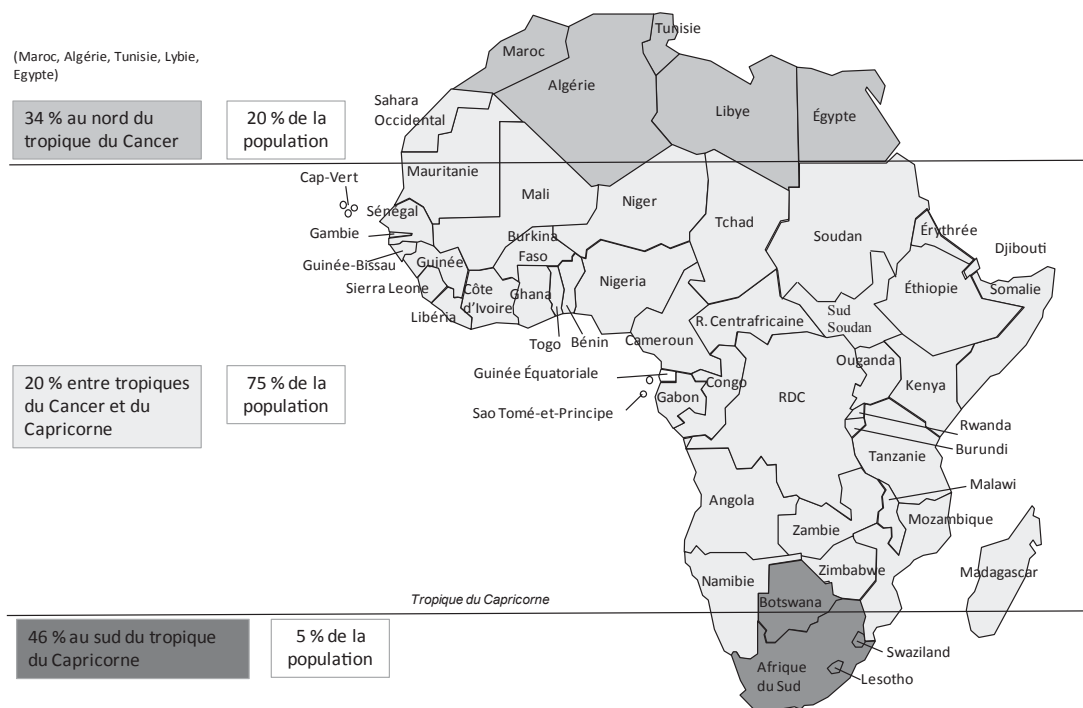


Fig. 6. — Répartition de la puissance électrique (kWe) sur le continent africain (source: EDF 2013).

Côté pratique, il faut préciser qu'environ un quart de ces capacités de production nominales est hors de fonctionnement, tandis que le reste du parc en état de fonctionnement affiche un rendement en moyenne très faible, de 30 à 40 % à peine. Deux explications à ces défauts et faiblesses. La première concerne l'ancienneté et la vétusté des parcs: l'âge moyen des infrastructures de production et de transport est supérieur à quarante ans, certaines installations de transport ayant parfois plus de soixante ans; la part des capacités de production ayant plus de quarante ans augmentera de 70 % au cours des six prochaines années. Or ce vieillissement intervient dans des conditions d'exploitation souvent difficiles (notamment du fait de phénomènes climatiques extrêmes), souvent aggravées par des prestations de maintenance insuffisantes.

La seconde explication a trait au manque d'investissements. Le continent paie deux décennies de sous-investissement et voit l'augmentation annuelle de sa capacité de production stagner à environ 3 % depuis plusieurs années (soit la moitié de celle des autres régions en développement) alors qu'elle devrait croître de 10 % pour répondre à la demande.

Concrètement, cela signifie qu'un pays comme la Tanzanie dispose d'une capacité installée réelle par habitant de trente Watt, soit la puissance d'une ampoule, et que les Tanzaniens connectés au réseau national d'électricité, soit 18 % de la population (2 % en milieu rural), subissent en moyenne quarante-sept jours de coupures par an — soit un coût économique évalué à 5 % du PIB.

De fait, les délestages et autres coupures de courant signalés par les entreprises manufacturières peuvent les pénaliser jusqu'à cinquante jours par an, ce qui représente 6 % en moyenne des recettes des entreprises du secteur structuré, et jusqu'à 16 % de perte de revenus dans le secteur informel non doté d'équipements de secours. Plus de trente pays africains ont ainsi subi de graves crises dans leur fourniture électrique ces dernières années, suscitant une exaspération croissante de la population et provoquant parfois de violentes émeutes (fig. 7).

2.3. LA DEMANDE ET LES MARCHES

Alors qu'elle compte pour 15 % de la population mondiale, l'Afrique ne représente que 3,2 % de la consommation mondiale en énergie primaire. En Afrique subsaharienne, le bois reste l'énergie primaire de près de 70 % de la population — ce pourcentage s'élève même à 90 % au Bénin, contre 9 % de pétrole et à peine 1 % d'électricité [4].

Sa part de la consommation électrique mondiale, elle aussi d'environ 3 %, est d'autant plus marginale que l'Afrique du Sud consomme à elle seule pratiquement la moitié de toute l'électricité du continent. Comme pour les capacités de production, il est intéressant de fixer des ordres de grandeur en comparant ces chiffres à l'échelle d'autres pays.

Ainsi, la consommation annuelle totale d'électricité du continent africain, soit 559 TWh, équivaut à celle de l'Allemagne (549 TWh pour quatre-vingt-deux millions d'habitants); celle de l'Afrique subsaharienne (341 TWh) dépasse à peine celle du Royaume-Uni (329 TWh pour soixante-trois millions d'habitants); quant à l'Afrique subsaharienne hors Afrique du Sud, elle consomme 126 TWh, soit l'équivalent de la Norvège et de ses cinq millions d'habitants ou encore de l'Égypte et de ses quatre-vingt-deux millions d'habitants.

Une fois de plus, ces chiffres appellent nuances et précisions car ces moyennes cachent de fortes disparités: disparités régionales, car si le taux moyen d'accès à l'électricité de la population africaine est de 43 %, il atteint 98 à 99 % au nord contre 32 % en région subsaharienne, et disparités entre milieux urbains et ruraux, où ce même taux chute à moins de 13 % — il est même inférieur à 5 % dans au moins dix-sept pays. Plus grave, ces chiffres ont tendance à se détériorer depuis 2001, sous l'effet de la forte croissance démographique (fig. 8).

Autrement dit, et selon les derniers chiffres du Conseil mondial de l'Énergie publiés fin 2014, près d'une personne sur deux dans le monde qui n'a toujours pas accès à l'électricité, vit en Afrique subsaharienne.

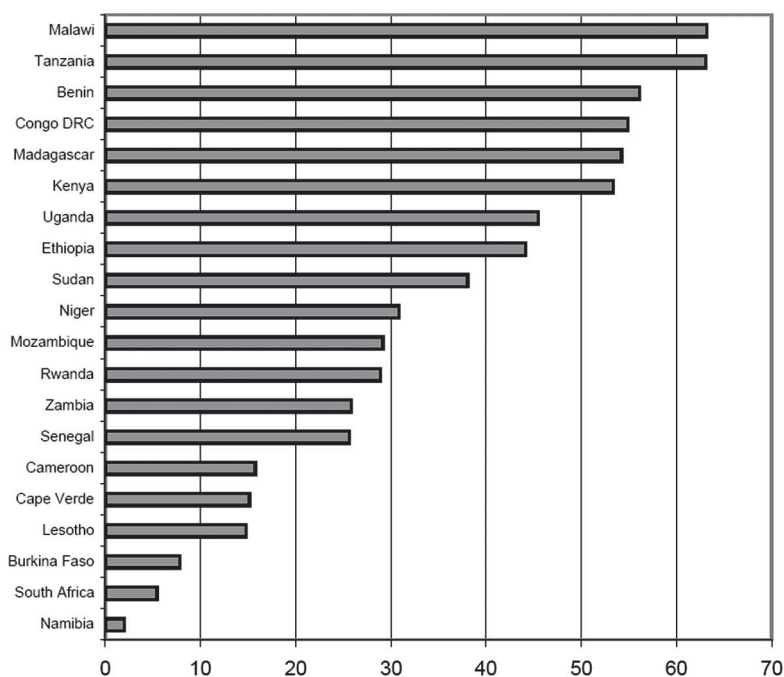


Fig. 7. — Nombre de jours de coupures de courant par an sur la dernière année disponible (2008) (source: World Bank Enterprise Survey Databank in AICD 2008).

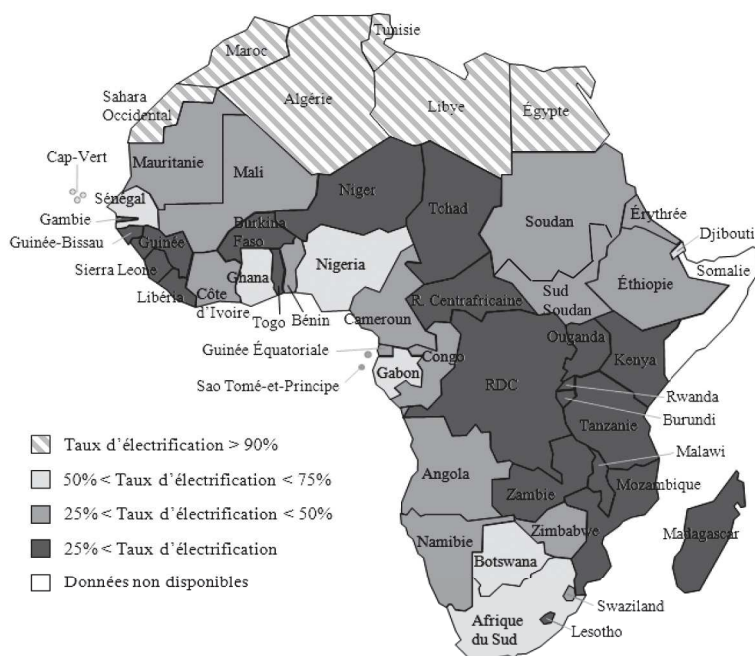


Fig. 8. — Taux d'électrification des populations en milieu rural africain (sources: ONU 2009, rapports annuels des sociétés d'électricité).

2.4. COUTS ET TARIFS DE L'ÉLECTRICITE

L'électricité en région subsaharienne n'est pas seulement un bien rare, difficilement accessible et de mauvaise qualité. Elle est également un produit cher, d'un prix équivalent à celui que paient les consommateurs des pays de l'OCDE pour un niveau de vie et de revenu plus de vingt fois inférieur.

Une étude réalisée par KPMG en 2012 pour évaluer la compétitivité énergétique des Etats dans le monde et la qualité de l'électricité (disponibilité, prix) classe l'Afrique bonne dernière avec une note de 14,8 sur 100 — l'Europe obtient 48,2.

L'explication tient au fait que le coût moyen de production de l'électricité y est élevé par rapport aux normes internationales — à 0,18 US\$/kWh, il représente près de deux fois celui d'autres régions en développement (fig. 9).

Là encore, il faut souligner de fortes disparités selon les pays: les tarifs varient des plus bas mondiaux — 0,02 US\$/kWh dans les pays dotés d'une ressource interne hydraulique ou pétrolière, comme la Zambie ou le Nigeria — jusqu'aux plus élevés — 0,50 US\$/kWh pour les pays dépendant

de fuel importé ou de groupes électrogènes de secours, comme Madagascar, l'Ouganda, ou encore le Kenya. A titre comparatif, on rappellera que ces tarifs sont de 0,09 €/kWh HT en France pour un ménage de taille moyenne et de 0,14 €/kWh HT en Grande-Bretagne. Parmi les nombreux facteurs d'explication, on en retiendra plus particulièrement deux.

D'abord, la production d'électricité reste encore majoritairement d'origine thermique, essentiellement issue du pétrole (à 46 % alors que ce ratio n'est que de 6 % dans le reste du monde), tandis que l'hydroélectricité est sous-exploitée; de plus, elle est lourdement pénalisée par le surcoût des groupes électrogènes de substitution (au diesel), très souvent appelés à la rescousse face aux défaillances du système de production et qui produisent un kilowatt-heure à 0,35-0,40 US\$/kWh.

Autre facteur aggravant pour la compétitivité: le poids de la déficience des infrastructures électriques sur la productivité, du fait de leur obsolescence et de leur mauvais entretien déjà mentionnés; estimée entre 30 et 60 %, elle se révèle plus pénalisante que les effets de la bureaucratie et de la corruption réunies.

Au total, le coût moyen des déficiences du secteur électrique pour le PIB africain est de 2,7 %, mais il dépasse 4 % dans plusieurs pays.

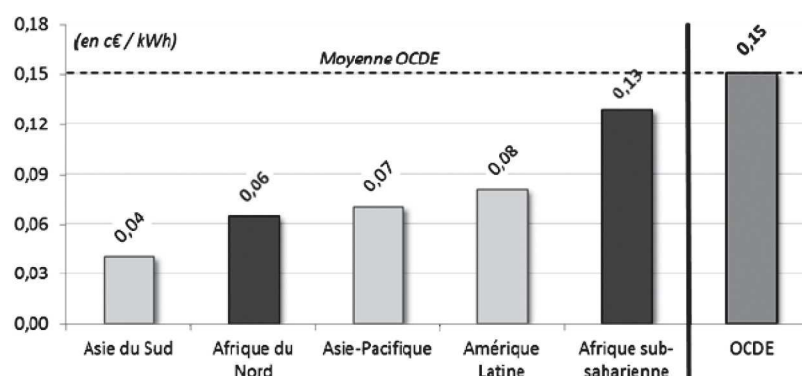


Fig. 9. — Comparatif des tarifs résidentiels de l'électricité des principales régions en développement (sources: Banque Mondiale, UPDEA – chiffres 2009).

Pour clore cet état des lieux, on retiendra trois chiffres: depuis le début du millénaire, le continent africain a vu son PIB croître de plus de 5 % chaque année; la croissance de la demande électrique y augmente, quant à elle, en moyenne de plus de 10 % chaque année; pour y faire face, la croissance moyenne des investissements annuels dans le secteur électrique subsaharien stagne depuis trente ans autour d'un peu plus de 3 % à peine.

On comprend alors qu'un écart se creuse de façon dangereuse entre besoins et capacités, entre demande et offre, comme l'illustre la figure 10.

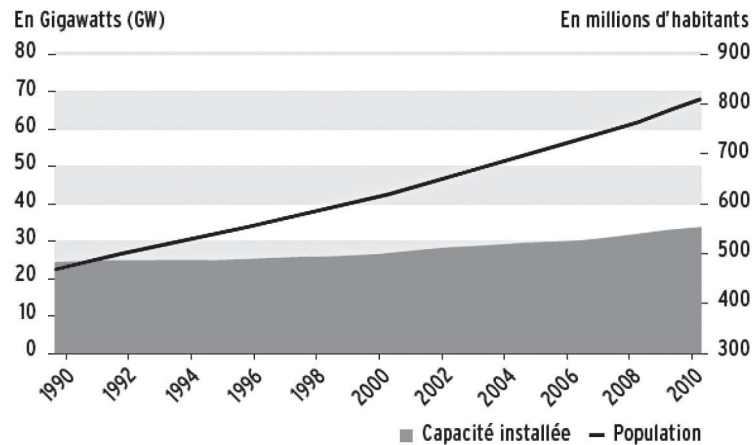


Fig. 10. — Evolution des capacités installées en Afrique subsaharienne (hors Afrique du Sud) entre 1990 et 2010 (source: EIA 2012).

3. Pourquoi de tels décalages?

Les raisons de ces décalages sont multiples; on en citera ici quatre principales.

3.1. UN HERITAGE HISTORIQUE

Les zones les plus électrifiées correspondent à la mise en valeur précoce des deux extrémités du continent, le nord et le sud. En Afrique du Sud, l'électrification rapide s'est accompagnée, dès le XIX^e siècle, d'une industrialisation vigoureuse autour de nombreuses richesses minières à exploiter, grâce aussi à des mines de charbon qui permettent de produire une électricité bon marché. C'est ainsi qu'en 1923 la Compagnie électrique Victoria Falls vendait plus d'électricité que n'en consommaient à la même époque les villes de Londres, Sheffield et Birmingham réunies.

En Afrique du Nord, l'électrification a été favorisée, dès le XIX^e siècle également, par la colonisation de peuplement qui a fait de Tunis une ville électrifiée vingt ans avant Dakar.

3.2. DES FAIBLESSES STRUCTURELLES LIEES A UNE REPARTITION GEOGRAPHIQUE ET PHYSIQUE DECALEE ENTRE RESSOURCES ET DEMANDE

Les quatre cartes présentées au début de cet article pour illustrer la répartition des différentes ressources énergétiques ne doivent pas masquer de réelles contraintes: pour être abondantes à l'échelle du continent, la plupart de ces ressources n'en sont pas moins concentrées sur quelques pays, lesquels ne sont pas

toujours les plus peuplés, ni les plus industrialisés, ni donc ceux qui consomment le plus d'électricité, tandis que de nombreux autres pays en sont totalement ou largement dépourvus. Ainsi les deux tiers des ressources en pétrole se concentrent sur deux pays, Libye et Nigeria; 92% des ressources de charbon se situent en Afrique du Sud; deux tiers des ressources de gaz se concentrent au Nigeria et en Algérie; sans compter que le choix de l'exportation pétrolière et gazière, synonyme de ressources en devises et fortement contributrice du PIB des pays concernés, l'emporte souvent sur une transformation locale en électricité.

Outre ces répartitions de ressources décalées, pour ne pas dire déséquilibrées, la plupart des économies nationales sont trop petites et les marchés locaux de l'énergie trop étroits pour porter les investissements nécessaires. Sur les quarante-neuf pays qui composent l'Afrique subsaharienne, vingt d'entre eux comptent moins de cinq millions d'habitants; vingt ont un PIB inférieur à cinq milliards de dollars. Ces tailles trop modestes sont encore trop peu compensées par des échanges transfrontaliers: face à des marchés de l'énergie trop étroits, une solution pourrait en effet consister à mutualiser les ressources et à partager de grandes infrastructures de production électrique, relayées par de puissants réseaux de transport transfrontaliers. Malheureusement, à peine 16% de la consommation électrique du continent passe par des échanges transfrontaliers (cross border power trade), en fait beaucoup moins car ils se concentrent à 90% dans la région australe, entre l'Afrique du Sud et les pays voisins.

L'étroitesse des économies et des marchés constitue donc un double handicap: elle ne suffit pas à générer les fonds propres que le pays pourrait consacrer au développement de son secteur électrique, et elle se révèle peu attrayante pour des investisseurs extérieurs.

3.3. LES LOIS ECONOMIQUES D'UN SECTEUR FORTEMENT CAPITALISTIQUE

Le secteur électrique a deux caractéristiques essentielles: il est fortement capitalistique et il s'inscrit dans la durée.

Il nécessite des apports en capitaux importants pour un retour sur investissement qui peut prendre plusieurs années: «l'unité de compte» s'inscrit *a minima* dans la centaine de millions d'euros. Quant à l'échelle de temps (incluant la prise de décision, la réalisation et la mise en œuvre opérationnelle des infrastructures), il n'est pas rare qu'elle soit de l'ordre de la décennie, surtout pour les plus lourdes d'entre elles comme les réseaux de transport ou les grands barrages.

D'où l'importance, pour l'investisseur, de pouvoir compter sur des règles transparentes, équitables et stables avant de s'engager dans la durée; il lui faut pouvoir mesurer, et si possible maîtriser, les risques, ce qui est loin d'être toujours le cas.

Selon la Banque Mondiale [5], «pour équilibrer l'offre et la demande, assurer le transport d'électricité transfrontalier nécessaire au commerce régional et relever les taux d'électrification de 10%, l'Afrique subsaharienne doit investir

40 milliards de dollars par an (d'ici 2020), soit 6,4 % de son Produit Intérieur Brut (PIB). Or les investissements annuels dans la région n'atteignent que 11 milliards de dollars, soit un quart des besoins».

On mesure toute la lourdeur de cette équation et la complexité qu'il y a à la résoudre.

3.4. L'IMPACT DECISIF DES CHOIX POLITIQUES ET DE GOUVERNANCE

Une partie de la solution passe par l'engagement des Etats: on observe généralement les taux d'électrification les plus élevés dans les pays où une compagnie nationale publique en est chargée, et quand elle émane d'une volonté politique forte du gouvernement, qui dote alors le secteur de cadres réglementaires, et notamment tarifaires, propres à rassurer et inciter les investisseurs.

Or on constate encore trop souvent une médiocre qualité de l'environnement institutionnel, qui transparaît à travers deux indicateurs importants: l'absence de vision, et donc de politique, à long terme, qui permettrait de programmer les investissements, de définir des politiques tarifaires adaptées, de garantir les conditions de propriété et de gestion des installations, de coordonner les projets et de mobiliser les acteurs en conséquence; une mauvaise santé assez généralisée des compagnies d'électricité intégrées (selon le modèle d'origine qui combine les activités de production, transport, distribution et commercialisation), qui résulte tout à la fois des infrastructures souvent déficientes déjà évoquées, de politiques tarifaires inadaptées, de faibles taux de recouvrement des factures, de personnel insuffisamment qualifié, voire d'une mauvaise gestion.

4. Comment relever ce défi majeur du développement?

Les constats qui conduisent à un tableau plutôt sombre du secteur électrique africain appellent des mesures qui sont aujourd'hui bien identifiées par la plupart des acteurs et qui commencent à être mises en œuvre dans un nombre croissant de pays.

On en citera quatre, qui, sans être exhaustives, n'en sont pas moins incontournables.

4.1. PREMIERE CONDITION: ORGANISER UN CADRE INSTITUTIONNEL PORTEUR ET AMELIORER LA GOUVERNANCE

On l'a vu, la première clé qui déblocquera la croissance du secteur électrique africain est la confiance des investisseurs; celle-ci est étroitement liée à l'engagement des pays qui doit se traduire par des mesures politiques fortes propres à rassurer les investisseurs. Cela commence par l'instauration de cadres réglementaires, législatifs et institutionnels stables qui donnent une visibilité à long terme

et une transparence sur les conditions d'investissement — et cela se poursuit par la garantie d'un mode de gouvernance approprié pour assurer dans la durée l'exploitation et le bon fonctionnement des entreprises et des institutions qui ont la charge de ce secteur.

4.2. DEUXIEME CONDITION: TRAVAILLER SUR DES PROJETS A LA MAILLE REGIONALE ET PROMOUVOIR LES GRANDES INFRASTRUCTURES

La rentabilité des investissements attendus passe par la construction de marchés — et donc par des projets — à des mailles régionales qui permettent de mutualiser les investissements, d'augmenter la taille des marchés potentiels, de rationaliser le déploiement des infrastructures; autrement dit, il convient de jouer pleinement la carte de la régionalisation. Les bénéfices d'une telle mutualisation ont été chiffrés. Selon la Banque Mondiale, deux milliards de dollars pourraient être dégagés simplement par une meilleure coordination des investissements, associée à une politique plus soutenue d'intégration régionale.

Pour autant, les exemples ne manquent pas pour illustrer combien cette voie reste compliquée et le plus souvent soumise à des arbitrages politiques dont l'aboutissement est souvent très long, quand il se produit. On en citera deux, en commençant par le cas emblématique du Nil, une des richesses hydroélectriques majeures du continent. Il traverse onze pays, dont trois, l'Ethiopie, le Soudan et l'Egypte, sont liés par des traités historiques pour son exploitation et doivent s'entendre sur la gestion de son eau, vitale pour plus de deux cent trente millions de personnes qui en tirent également leurs ressources agro-alimentaires. Le *casus belli* déclenché ces dernières années par l'Ethiopie avec sa décision de construire le barrage hydroélectrique «Renaissance» (6 000 MW) rappelle que concertation et coopération ne vont pas toujours sans peine. Autre exemple connu de tous les électriciens qui s'intéressent à l'Afrique: le barrage d'Inga, en République Démocratique du Congo, dont les 40 000 MW potentiels attendent depuis des décennies d'être mis en exploitation mais restent ... à l'état de potentiel, faute de voir aboutir des négociations multipartites impliquant au moins une demi-douzaine de pays et des dizaines d'acteurs.

Pourtant, à l'instar de ce qui s'est passé en Chine, en Inde, et beaucoup plus proche de nous, si l'on observe la façon dont s'est électrifiée l'Europe, il ne fait aucun doute que l'impulsion décisive au décollage économique de l'Afrique sera donnée en se dotant de grandes infrastructures et en favorisant l'essor d'un système électrique centralisé, seul à même de répondre aux immenses appels de puissance que représente l'industrialisation de tout un continent et de son milliard d'habitants.

Cela dit, il n'est pas envisageable de laisser sur le bord des autoroutes de l'électricité plus de six cents millions de personnes qui constituent les populations rurales; il y a donc également urgence à imaginer et à démultiplier de nouveaux modèles d'électrification rurale à leur attention, à partir de systèmes

décentralisés et en mettant chaque fois que possible l'accent sur la création de richesse économique, indispensable complément — et moteur — de l'accroissement du bien-être et de la qualité de vie des populations.

4.3. TROISIEME CONDITION: RENFORCER LES COMPETENCES

Ce point est trop souvent oublié, mais aucun «décollage» durable du secteur électrique africain ne saurait être effectif s'il n'est pas pris en compte: un investissement important doit être consenti dans la formation et la qualification du personnel. Car un grave déficit de compétences est signalé par une majorité de compagnies nationales, sans compter les nouveaux métiers issus de l'électrification rurale pour lesquels tout reste à faire. Ce déficit ne fait que fragiliser davantage l'ensemble du secteur dans tous ses métiers.

Il y a donc urgence à organiser des transferts de compétences sur l'ensemble des métiers, depuis les décideurs chargés des politiques énergétiques et de tarification dans les ministères dédiés jusqu'aux techniciens et ingénieurs des compagnies d'électricité.

L'Association des Sociétés d'Electricité d'Afrique (ASEA), qui réunit une cinquantaine de sociétés membres, a bien pris la mesure des besoins et de leurs enjeux. Elle s'apprête à lancer un programme à l'échelle de toutes les régions du continent pour y remédier et faire face à de multiples défis: départs massifs en retraite de personnel compétent au cours des prochaines années, adaptation aux nouvelles technologies, impératif croissant de compétitivité et de performance,... Ce programme consistera à organiser des centres d'excellence régionaux appelés à couvrir progressivement toutes les principales gammes de métiers et de qualification, sur la base de standards communs.

Cette montée en compétences sera sûrement plus difficile à organiser pour répondre aux besoins de l'électrification décentralisée, que les compagnies électriques ne souhaitent et ne peuvent pas prendre en charge, faute de moyens, et qui est donc laissée à l'initiative des pouvoirs publics. Néanmoins, une expérience réussie conduite par EDF de 2011 à 2015, avec un cofinancement de l'Union européenne et de l'ADEME [6], a amorcé au Burkina Faso et au Mali la création de filières de formation spécifiquement dédiées à l'électrification rurale. Elles sont désormais intégrées aux cursus proposés par les ministères de ces deux pays en charge de l'enseignement secondaire, d'une part, de la formation professionnelle, de l'autre, et le modèle créé en rend la démultiplication vers d'autres pays relativement aisée.

4.4. QUATRIEME CONDITION: ADAPTER LES CHOIX TECHNOLOGIQUES

Les choix et les progrès technologiques joueront eux aussi un rôle important dans l'évolution du secteur électrique africain. Ils sont à n'en pas douter une

pièce essentielle dans l'ensemble des mécanismes qui restent à mettre en place pour dynamiser l'électrification du continent et appellent déjà des arbitrages selon trois registres essentiels pour valider la pertinence de ces choix au cas par cas: la performance économique, l'acceptabilité environnementale et climatique, l'adaptabilité technique. Alors que le changement climatique impose de nouveaux modes de gestion énergétique appelant l'ensemble de la planète à des comportements plus économes, personne ne songe à demander au continent le moins émetteur de gaz à effet de serre et le moins avancé économiquement de renoncer à la croissance de sa consommation et au développement rapide de ses infrastructures énergétiques.

D'ailleurs, une croissance respectueuse de l'environnement et soucieuse du changement climatique est certainement possible: richement doté en énergies renouvelables (hydraulique, solaire, ...), le continent africain peut solliciter et mobiliser en priorité cet énorme potentiel, surtout quand il permet aux pays importateurs d'hydrocarbures de s'affranchir d'une dépense qui pénalise leur balance commerciale.

Par ailleurs, face aux limites de certaines énergies renouvelables, il faut aussi savoir en apprécier l'apport en fonction de leur pertinence économique, qui dépend largement du contexte dans lequel elles seront utilisées.

Enfin, autant que la production en amont, l'amélioration des performances technologiques concerne également les réseaux électriques de transport et de distribution, dont la vétusté, le mauvais entretien et les mauvaises conditions d'exploitation sont à l'origine de nombreuses coupures et autres défaillances du système électrique africain; il faut y ajouter le manque de maîtrise de la stabilité de ces réseaux, d'autant plus ardue à assurer quand il s'agit d'intégrer des sources d'énergie intermittentes (éolienne et solaire).

5. Une conclusion... toute provisoire

Tous ces enjeux s'inscrivent dans un agenda de plus en plus serré: le retard qu'affiche l'électrification du continent est tel que les Etats ne pourront sans doute pas le résorber avant plusieurs décennies, si l'on prend en compte les contraintes et délais des prises de décision dans ce secteur très capitalistique et de long terme qu'est le secteur de l'électricité. Pourtant, les Etats doivent aussi avoir conscience qu'ils n'ont plus vingt, ni même dix ans devant eux pour agir, au regard de l'impatience exacerbée de populations de plus en plus nombreuses, de plus en plus jeunes, en forte demande de croissance économique et sociale. L'écart risque vite d'être intenable entre l'échelle de temps technologique et l'échelle de temps socio-économique.

Il y a donc urgence pour eux à accélérer les décisions, tant collectives que nationales, et à les transformer en actions effectives.

NOTES

- [1] Source: Agence internationale de l'Énergie, 2013.
- [2] Les chiffres de ce paragraphe ont pour sources: l'Agence internationale de l'Énergie, 2011-2012; les rapports de la société BP, 2010; EDF, 2013.
- [3] Sources des chiffres cités: Agence internationale de l'Énergie, 2010-2011; World Energy Outlook, 2010-2012; Department of Energy (USA), 2009.
- [4] La part d'énergie issue de l'atome est insignifiante car elle ne concerne à ce jour que l'Afrique du Sud, malgré la volonté de plusieurs pays de s'en doter (Égypte, Tunisie, Ghana, Namibie, etc.).
- [5] Banque Mondiale (octobre 2009), «Stratégie énergétique du Groupe de la Banque Mondiale – Synthèse sectorielle». Réseau du développement durable.
- [6] ADEME: Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (France).

BIBLIOGRAPHIE

- BOUSSOUGOUTH, J., CHARAFI, Y., EBERHARD, A., HEYSCH DE LA BORDE, B., JARROUSSE, A., KARISSON, M., MOUEN, S., NAWAAI GRATWICK, K., QUINIOU, G., TRAORE, A. & WENDLE, J. 2013. Les producteurs privés d'électricité: une solution pour l'Afrique? — *Secteur Privé & Développement*, **18**.
- HEURAUX, C. 2010. L'électricité au cœur des défis africains – Manuel sur l'électrification en Afrique. — Paris, Karthala (contient notamment des bibliographies thématiques détaillées sur tous les secteurs énergétiques/électriques).
- ICA (Infrastructure Consortium for Africa) & CIA (Consortium pour les infrastructures en Afrique) 2011. Regional Power Status in African Power Pools – Report.
- KPMG 2013. Baromètre sur la compétitivité énergétique en 2012.
- NEPAD (Nouveau Partenariat pour le Développement de l'Afrique), Union Africaine & Banque Africaine de Développement (s.d.). Etude sur le programme de développement des infrastructures en Afrique (PIDA) – Phase I: Perspectives des infrastructures en Afrique en 2040. — Sofreco en consortium avec Ascon Africa, Sofrecom, Nathan, CabIRA.
- World Bank 2008. Enterprise Survey Databank in AICD.
- World Bank 2011. Africa's Power Infrastructure.
- World Energy Outlook 2012.
- World Energy Outlook 2013.

The Story of the Meteorological Observations of Jean Barthe, Physician on the French Frigate *La Sibylle*, and of Father Furet, Apostolic Missionary in Okinawa*

by

Gaston R. DEMARÉE¹, Patrick BEILLEVAIRE², Togo TSUKAHARA³,
Takehiko MIKAMI⁴, Masumi ZAIKI⁵ & Yoshio TAGAMI⁶

KEYWORDS. — Meteorological Observations; 19th Century; Japan; Barthe; Furet.

SUMMARY. — The mid-1850s were a particularly interesting period from the point of view of instrumental meteorological observations on a global scale. The first international conference for devising a uniform system of meteorological observations at sea, held in Brussels in 1853 under the chairmanship of Adolphe Quetelet, provided a standard for performing meteorological observations at sea.

Father Louis Théodore Furet, an apostolic missionary, carried out instrumental observations at Naha [Naha, Okinawa] on the Ryūkyū Islands. A set of the meteorological manuscripts by Father Furet were given to Jean Barthe, on board the French Frigate *La Sibylle* [1]** who handled them to the *Académie des Sciences* in Paris and to the *Société Météorologique de France*. An abstract of Furet's and of Barthe's meteorological observations was printed in the *Comptes rendus* of the Academy. To present-day Japanese researchers in historical climatology, Furet's meteorological observations were only known under the form of a table as published in the works of J. J. Rein.

Moreover, this paper deals with the meteorological observations carried out by the physician Jean Barthe on board *La Sibylle* which took part in the Anglo-French naval operations of the Pacific during the Crimean War (October 1853 – February 1856). At the same time, Japan concluded treaties or conventions of peace and amity with the USA, UK, Russia and The Netherlands, prompted by the action of US Commodore Matthew Perry in 1853 and 1854. French warships were allowed to enter the port of

* Paper presented at the meeting of the Section of Technical Sciences held on 21 May 2015. Text received on 4 December 2015 and submitted to peer review. Final version, approved by the reviewers, received on 3 March 2016.

¹ Member of the Academy; Royal Meteorological Institute of Belgium, Ringlaan 3, B-1180 Brussels (Belgium).

² Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales (EHESS), av. de France 190, F-75013 Paris (France).

³ Member of the Academy; Graduate School of Intercultural Studies, Kobe University, 1-2-1Tsurukabuto, Nada-Ku, 657-8501 Kobe (Japan).

⁴ Faculty of Liberal Arts, Teikyo University, 2-11-1 Kaga Itabashi-ku, 173-8605 Tokyo (Japan).

⁵ Faculty of Economics, Seikei University, 3-3-1 Kishijoji-Kitamashi, Musashino-shi, 180-8633 Tokyo (Japan).

⁶ Faculty of Human Development, University of Toyama, Toyama Gofuku Campus, 3190 Gofuku Toyama (Japan).

** Numbers in brackets [] refer to the notes, p. 483.

Hakodate, in Hokkaido, and members of the crew of *La Sibylle* who suffered severely from dysentery and scurvy received medical aid and food in a Buddhist temple.

A search for the corresponding meteorological manuscripts in France and in the USA remains forward-looking.

TREFWOORDEN. — Meteorologische waarnemingen; 19de eeuw; Japan; Barthe; Furet.

SAMENVATTING. — *Het verhaal van de meteorologische waarnemingen van Jean Barthe, geneesheer op het Franse fregat La Sibylle, en van pater Furet, apostolisch missionaris op Okinawa, Japan.* — In het midden van de 19de eeuw was er wereldwijde belangstelling voor instrumentele meteorologische waarnemingen. De eerste internationale conferentie voor het aanvaarden van een uniform systeem voor maritieme meteorologische waarnemingen, gehouden te Brussel in 1853 onder het voorzitterschap van Adolphe Quetelet, was een mijlpaal in deze materie.

Pater Louis Théodore Furet, apostolisch missionaris, voerde instrumentele waarnemingen uit te Nafa [Naha, Okinawa] op de Ryūkyū eilanden. Een bundel met meteorologische waarnemingen door pater Furet werd aan Jean Barthe aan boord van het Franse fregat *La Sibylle* overhandigd die ze op zijn beurt doorgaf aan de *Académie des Sciences* te Parijs en aan de *Société Météorologique de France*. Een korte inhoud van Furets en van Barthes meteorologische waarnemingen werd gepubliceerd in de *Comptes rendus* van de Academie te Parijs. Furets meteorologische waarnemingen waren aan de hedendaagse Japanse vorsers in de historische klimatologie slechts bekend door een tabel in de publicatie van J. J. Rein.

Anderzijds concentreert deze tekst zich op de meteorologische waarnemingen uitgevoerd door Jean Barthe, geneesheer op *La Sibylle* dat deelnam aan de Engels-Franse maritieme operaties in de Stille Oceaan gedurende de Krim-oorlog (oktober 1853 – februari 1856). Op het zelfde ogenblik sloot Japan verdragen of vredes- en vriendschaps-overeenkomsten af met de Verenigde Staten, Groot Brittannië, Rusland en Nederland ten gevolge van de actie van de US Commodore Matthew Perry in 1853 en 1854. De Franse schepen werden toegelaten in de haven van Hakodate, in Hokkaido, en leden van de bemanning van *La Sibylle* die ernstig te lijden hadden van dysenterie en scheurbuik kregen medische hulp en voedsel in een boeddhistische tempel.

Een zoektocht naar de corresponderende meteorologische manuscripten in Frankrijk en in de Verenigde Staten leverde tot nu toe nog geen resultaat op.

MOTS-CLES. — Observations météorologiques; XIX^e siècle; Japon; Barthe; Furet.

RESUME. — *Récit des observations météorologiques de Jean Barthe, médecin sur la frégate française «La Sibylle», et du père Furet, missionnaire apostolique à Okinawa, Japon.* — Le milieu du XIX^e siècle fut une période particulièrement intéressante du point de vue des observations météorologiques au niveau mondial. La première conférence internationale pour l'adoption d'un système uniforme d'observations météorologiques en mer, tenue à Bruxelles en 1853 sous la présidence d'Adolphe Quetelet, constitua une date clé en la matière.

Le père Louis Théodore Furet, missionnaire apostolique, effectuait des observations météorologiques à Nafa [Naha, Okinawa] sur les îles Ryūkyū. Un recueil des données météorologiques du père Furet fut confié à Jean Barthe, à bord de la frégate française «La Sibylle», qui le transmit à l'Académie des Sciences de Paris et à la Société Météorologique de France. Un résumé de leurs observations respectives fut publié dans les *Comptes rendus* de l'Académie à Paris. Les observations météorologiques du père Furet sont connues des historiens japonais contemporains en climatologie uniquement par un tableau figurant dans l'œuvre de J. J. Rein.

Cet article, par ailleurs, se concentre sur les observations météorologiques faites par Jean Barthe, médecin à bord de «La Sibylle», qui a pris part aux opérations navales anglo-françaises dans le Pacifique, lors de la guerre de Crimée (octobre 1853 – février 1856). Dans le même temps, le Japon concluait des traités ou des conventions de paix et d'amitié avec les Etats-Unis, le Royaume-Uni, la Russie et les Pays-Bas, encouragé par l'action du commodore américain, Matthew Perry, en 1853 et 1854. Les navires de guerre français furent autorisés à entrer dans le port de Hakodate, à Hokkaido, et des membres de l'équipage de «La Sibylle» qui souffraient sévèrement de dysenterie et du scorbut reçurent de l'aide médicale et de la nourriture dans un temple bouddhiste.

Des recherches menées pour retrouver les manuscrits météorologiques correspondants en France et aux Etats-Unis ont jusqu'ici été sans succès.

1. Political Circumstances

The 1850s were an important time frame for the European nations both in Europe and the Far East. In France, the ambitious self-proclaimed French emperor Napoleon III had taken full power in 1852. Convinced of the importance of building a colonial empire, he doubled the area of the French overseas possessions in Asia, the Pacific and Africa. An important factor in his decision was the belief that France risked becoming a second-rate power if it did not expand its influence overseas. Deeper down was the sense that France owed the world a civilizing mission. A key part of the enterprise was the modernization of the French Navy, which then became the second most powerful in the world, after Britain's. In the 1850s Napoleon III notably acted to increase the French presence in Indochina. In 1853, Admiral Febvrier Despointes took formal possession of New Caledonia and Port-de-France (Nouméa) was founded in 1854.

France and England participated jointly in the Pacific Ocean theatre of the Pacific War (see section 1.1). They also both fought China in the second Opium War (1856-60). Their victory ensured foreign powers commercial privileges and legal and territorial concessions in China.

1.1. THE CRIMEAN WAR

The Crimean War, lasting from October 1853 until February 1856, was a conflict between Russia and an alliance of France, Britain, the Ottoman Empire, and Sardinia-Piedmont. The immediate cause involved Russia's claim to ensure protection of the Orthodox minorities living in the Ottoman provinces and the rights of the Roman Catholics to the holy places in the Holy Land. Napoleon III promoted the rights of the Roman Catholics while Russia supported Eastern Orthodoxy. The longer-term causes involved the decline of the Ottoman Empire and the unwillingness of Britain and France to allow Russia to gain territory and power at the Ottoman expense. The war was mainly fought in and around the Crimean peninsula but smaller campaigns took place in eastern Anatolia, the Caucasus, the Danubian Principalities of Moldavia and Wallachia, the Azov Sea, the Baltic Sea, the White Sea, and the Pacific Ocean.

In the Far East, at Petropavlovsk on Kamchatka Peninsula, a British force including HMS *Pique* under Rear Admiral David Price [2] and a French force under Counter-Admiral Auguste Febvrier- Despointes [3] besieged a smaller Russian force under Rear Admiral Yevfimy Putyatin [4]. In early September 1854, an allied landing force was beaten back with heavy casualties, causing its withdrawal. The Anglo-French forces in the Far East also made landings on Sakhalin [Karafuto in Japanese-older name Karafto or Tarakai] (see http://www.academia.edu/4141635/Crimean_War_1) and on one of the Kuril Islands, Urup, of which they formally took possession.

At the beginning of 1854, France had two naval forces in the Pacific. The first one, named *Division navale de l'océan Pacifique*, under the command of Counter-Admiral Febvrier-Despointes, had the task of taking care of the French interests on the American coast and in the oriental Pacific. The second one, named *Division navale de la Réunion et de l'Indochine*, was commanded by Counter-Admiral Adolphe Laguerre [5]. Its domain of activity comprised the Red Sea, the Indian Ocean, the Sea of Japan, the Sea of China and the environment of the Sunda Islands (fig. 1). The frigate *La Sibylle*, commanded by Simonet de Maisonneuve, belonged to the latter.

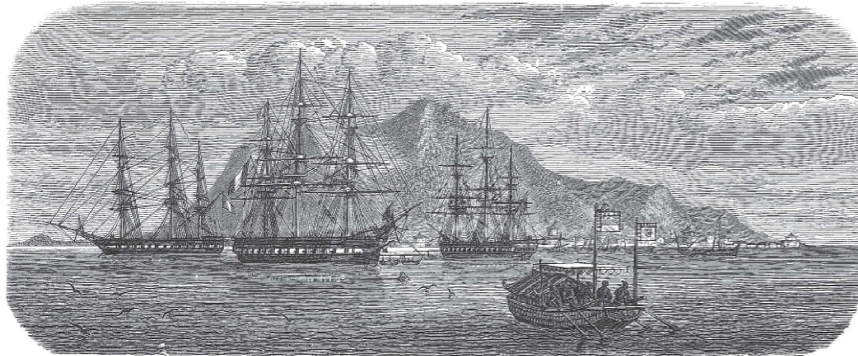


Fig. 1. — French expedition in Indo-China. Boat of the governor of Hakodate approaching the French frigate *La Virginie* (*L'illustration, Journal universel*, xxvii (673 – 19 janv. 1856): 44).

Another French frigate, *La Forte*, under the command of Captain de Miniac (1812-1895), sailed from Brest, crossing Cape Horn, along the South-American coast, to Nuku Hiva, Marquesas Islands in French Polynesia, and from there to Honolulu, Hawaii, and Kamchatka where it took part in the allied attack on Petropavlovsk. The travel journal of designer Jean-René-Maurice de Kerret on board *La Forte* provides nearly daily weather information including temperature data.

August 24th, 1854. In the morning calm, light breeze in the day, wind backwards, easterly winds; fog, one sees the ships, very cold rain. At 3 o'clock in the afternoon

the breeze gets cooler from East to East-North-East. At 9 o'clock the rain starts again, the cold increases. One sees a large quantity of birds of different kinds. Estimated latitude $52^{\circ} 14'$, estimated longitude $177^{\circ} 05'$ (DE KERRET 2004, p. 165).

1.2. COMMODORE MATHEW PERRY AND THE BLACK SHIPS

A series of edicts issued in the 1630s by Tokugawa Iemitsu, shōgun of Japan from 1623 to 1651, determined the seclusion of Japan. They stated that (a) the Japanese were no longer permitted to travel abroad; (b) Catholicism was strictly forbidden; (c) trade restrictions and strict limitations on goods were set to limit the access to Japan and the merchants allowed to engage in trade. Relations with the Catholic Portuguese were cut off entirely; Chinese merchants and those of the *Vereenigde Oostindische Compagnie* (VOC) were restricted to enclaves in Nagasaki. Trade also continued to be conducted with China through the semi-independent vassal kingdom of Ryūkyū, a tribute state of China since the 14th century.

In 1844, King William II of The Netherlands urged Japan to open, but his exhortation was rejected. In 1852, Commodore Matthew Calbraith Perry (1794-1858) was assigned a diplomatic mission by US President Millard Fillmore to force the opening of Japanese ports to American trade, through the use of gunboat diplomacy if necessary. The growing commerce between America and China, the presence of American whalers in waters offshore Japan, and the increasing monopolization of potential coaling stations by the British and French in Asia were all contributing factors.

On July 8th, 1853, during his first visit to Japan, Perry entered Edo [Tokyo] Bay. He was allowed to land at Kurihama [Yokosuka] on July 14th. After presenting a letter from US President Millard Fillmore to attending delegates, he promised to return the following year for the Japanese reply. On his second visit to Japan, in February 1854, Perry met with initial resistance by the Japanese, but was eventually permitted to land at Kanagawa, near Yokohama on March 8th. Negotiations soon started and a treaty, thereafter known as the Kanagawa Treaty, was signed on March 31st, 1854 (YAYORI TAKANO 2010).

2. Father Louis Furet

2.1. FATHER LOUIS FURET, MISSIONARY

Louis Théodore Furet was born on March 25th, 1816, in Commer, a small village in the French department of Mayenne, near the town of Mayenne. After graduating from the college of Mayenne, he entered in 1837 the seminary of Le Mans where he was ordained priest in 1839. From 1845 to 1847, he was in Paris at *Collège Stanislas* assisting the classes of physics, chemistry and natural

sciences and meanwhile studying mathematics at the Sorbonne. In 1852, he entered the seminary of the *Missions étrangères de Paris* [6]. On April 19th, 1853, he left the seminary for Hong Kong to be posted as a missionary in Sichuan, China, as was agreed. However, circumstances decided otherwise. Following the action of commodore Matthew Perry and the signature of the Kanagawa Treaty, it was hoped that Japan would open to western residents, the procure of the *Missions étrangères* in China sent Father Furet to the Ryūkyū Islands as an outpost for Japan. He arrived at Naha, the main port of Okinawa, on February 26th, 1855 (BEILLEVAIRE 1999).

Just two months later, May 6th, 1855, Father Furet was asked to join the French expedition heading to the north of Japan in the framework of the British-French marine operations in the Pacific theatre of the Crimean War. He accepted this invitation with the secret hope of establishing himself at Hakodate on the island of Ezo [Hokkaido], where already some Westerners had settled (fig. 2), and he embarked on the frigate *La Sibylle* with Louis Alexandre Simonet de Maisonneuve [7] as captain. Strangely, the two meteorologists of this paper, Father Furet and the marine physician Jean Barthe, found themselves shortly on the same ship, but one finds no mention of an encounter. In Nagasaki, *La Sibylle* met *Le Colbert* and *La Constantine*, commanded by Tardy de Montravel [8]. To his great regret, Father Furet was forced by Tardy de Montravel to leave the squadron and to embark on *Le Syngapore* in direction of Shanghai where he was shortly hosted by the Jesuits (BEILLEVAIRE 1999).

Tardy de Montravel described the weather at Nagasaki during the stay of *La Constantine* as follows:

During our stay in this harbor from the 8th May till May 31st, 1855, the winds have been variable; these from the South to the West were however predominant; the weather was often rainy and foggy (TARDY DE MONTRAVEL 1854-1855).

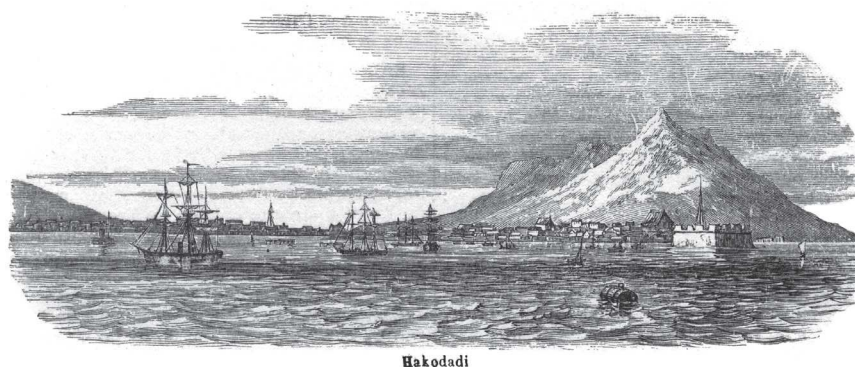


Fig. 2. — Hakodadi [Hakodate] from *The American Cyclopaedia* by George Ripley & Charles A. Dana, 1873.

In the spring of 1856, Counter-Admiral Nicolas François Guérin [9] decided to organize a second expedition to the north. Father Furet was invited to take part in this travel, the aim of which was to explore the Russian defenses in the Strait of Tartary. Furet embarked again on *La Sibylle* under the command of Captain de Maisonneuve, while his fellow missionary Pierre Mounicou (1825-1871) was on the flag-ship *La Virginie*. The expedition arrived at Hakodate on May 20th, 1856, where the missionaries and the officers visited the town. Father Furet told that Captain de Maisonneuve in discussing with the Japanese received permission that the numerous sick could be brought to a large pagoda (fig. 3). The Japanese brought food to them and even a deceased had a burial preceded by a cross and a French chaplain in a liturgical surplice (BEILLEVAIRE 1999; FURET 1860a, p. 45).



Fig. 3. — Buddhist pagoda at Hakodate. View on the cemetery (left) and entry of the pagoda (right) (*L'Illustration, Journal universel*, xxvii (673 – 19 janv. 1856): 44).

In their further exploration of the Strait of Tartary, Father Furet mentioned a few isolated temperature observations. In the *Baie de Jonquières*, on the north of the west coast of Sakhalin, near the mouth of the River Amour, the mean temperature was 11.7° from June 12th till 14th, 1856, while at the Bay of Barracouta (formerly named by the Russians Bay of Emperor Nicolai) the mean temperature raised from 13.5° , from June 19th till 24th, to 16, from June 25th till July 26th (FURET 1860a, pp. 66, 78). The identity of the observer remains unknown: Father Furet, Jean Barthe or a French naval officer. When the expedition was completed, Furet returned on *La Sibylle* to China from where he returned on *La Virginie* to Naha on October 26th, 1856, and where he could finally restart his meteorological observations.

Father Furet withdrew from Okinawa on October 1862. Thereafter he stayed successively in Nagasaki, from January 1863 to October 1864 and again, after a year spent in France, from June 1866 to June 1867, and in Yokosuka and

Yokohama until October 1869. He then left definitively for France. He finally became a parish priest in Chantrigny, and then in Laval in his native department of Mayenne (BEILLEVAIRE 1999, 2013).

2.2. FATHER LOUIS FURET, METEOROLOGIST

According to FURET (1859c), a series of meteorological observations were carried out by him near Nafa [Naha], on Okinawa Island, during the twenty-two months from December 1856 through September 1858. Charles Sainte-Claire Deville [10] communicated these meteorological observations to the French *Académie des Sciences* in its session of February 21st, 1859. The major part of the documents had been transmitted to Sainte-Claire Deville by the handy and zealous physician of *La Sibylle*, Dr Barthe.

Father Furet had been instructed by Sainte-Claire Deville how to carry out meteorological observations. He observed five times a day: at six and at ten hours in the morning, at one, four and ten hours in the afternoon and the evening at local mean time. His observations covered the atmospheric pressure, the air temperature, and its hydrometric condition measured with a dry and wet bulb thermometer. In his tables, moreover, one finds indications on the state of the sky, the strength and direction of the wind, the amount and nature of the clouds, and, finally, information on extraordinary phenomena such as typhoons and earthquakes. During earthquakes, he mentioned the detailed meteorological conditions and the state of the sky.

The monthly means of the meteorological observations carried out at Nafa by Father Furet for the period extending from December 1856 to September 1858 (figs. 4, 5) appeared in several publications (FURET 1859c, pp. 393-396; 1859d; 1860b, pp. 153-154; JELINEK & HANN 1872; REIN 1881, pp. 146-147; 1884, pp. 128-129; 1998, pp. 128-129). The Société Météorologique de France mentioned in its correspondence that it had received observations carried out from 1857 to 1860 at Lioutchou (Liou-Kiou) islands from Father Furet (Annuaire de la Société Météorologique de France, 1861).

Lowest temperature observation: 9.1 °C on February 23rd, 1858; highest temperature observation: 33.7 °C on July 17th, 1858.

The instruments used by Father Furet were remitted by the *Dépôt de la Marine*, where they were carefully gauged by A. Delamarche [11]. Nearly all of the mean monthly temperature observations by Father Furet in the period December 1856 to September 1858 are lower than the present-day monthly means of the Japan Meteorological Agency (1981-2010) data. This is probably due to the present global warming and the urban heat island phenomena.

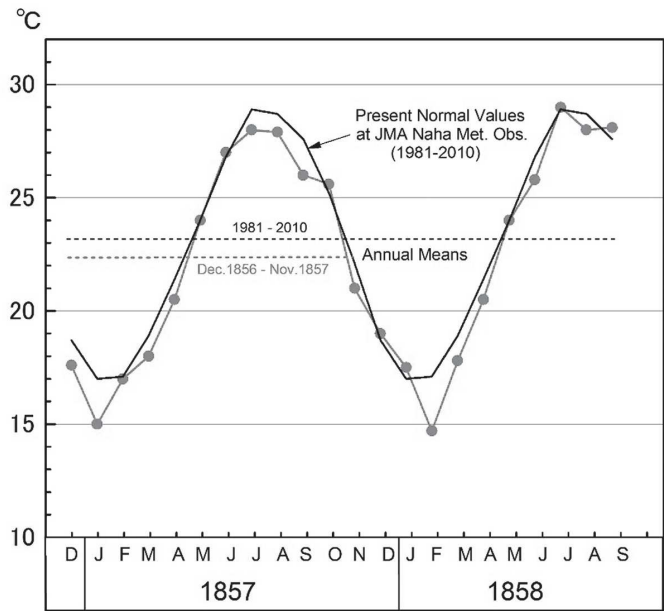


Fig. 4. — Fluctuations of monthly air temperature means (in °C) at Naha (Okinawa) from December 1856 to September 1858 (grey) after Father Furet's observations in comparison with recent monthly temperature variation at Naha in the 1981-2010 period (black). Horizontal dashed lines show corresponding temperature mean of December 1856-November 1857 observations by Father Furet (grey) and annual temperature mean of the Japan Meteorological Agency 1981-2010 data (black).

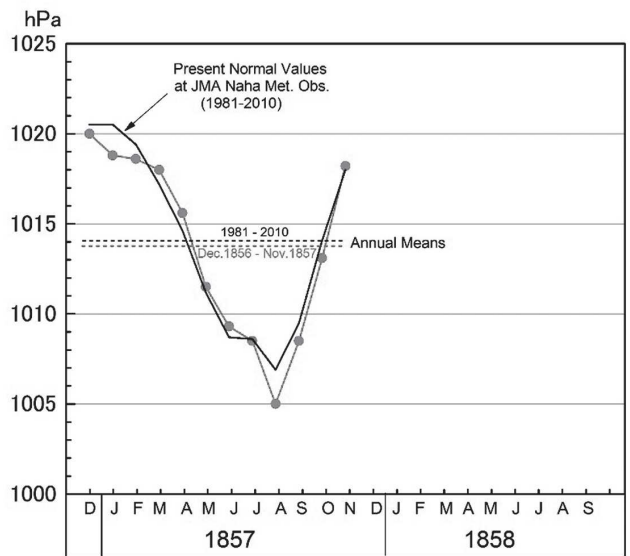


Fig. 5. — Fluctuations of mean monthly sea level pressure data (in hPa) at Naha (Okinawa) after Father Furet's observations (grey) in comparison with recent mean monthly sea level pressure variation at Naha in the 1981-2010 period (black). Horizontal dashed lines show the mean of December 1856-November 1857 observations by Father Furet (grey) and the corresponding annual mean of the Japan Meteorological Agency 1981-2010 data (black).

Lowest atmospheric pressure observation: 721.4 mm Hg (= 961.25 hPa) on May 18th, 1857; highest atmospheric pressure observation: 773.1 mm Hg (= 1030.6 hPa) on December 31st, 1857.

During these twenty-two months only one typhoon occurred, on May 18th, 1857. Furet's barometric observations were stopped as the Bunten siphon barometer was broken during his absence from Okinawa, from May 1855 until October 1856. As for air pressure observations, both data (Dec. 1856-Nov. 1857 and JMA 1981-2010 means) show good agreement. Therefore, Furet's data would be reliable and reasonable.

Father Furet was elected honorary member of the *Société impériale zoologique d'acclimatation* at the session of March 16th, 1855 (*Bulletin de la Société ...*, 1855, p. 228). The *Société* asked M. Barran, superior of the *Missions étrangères* in Paris, and contacted Father Libois, procurator of the *Missions étrangères* in Hong Kong, to get the missionaries present in China to become involved into a research question on wild silkworms of China (*Bulletin de la Société ...*, **1**: 95, 97, 121, 226). Father Julien Bertrand (1803-1865) reported on this question (see *Bulletin de la Société ...*, **5**: 272). Furet wrote from Nafa on November 10th, 1857 to inform the society about the sending of grains of the tallow tree and of four tallow candles. In 1869, Father Furet, now labelled as a missionary in Osaka [though he never went there!], sent grains of the marble-leaved *Ipomea*, as well as three Japanese plants brought from his residence to the society and expressed his offer for further cooperation. The society thanked him in return (see *Bulletin de la Société ...*, 2^e série, VI (1869): 50, 715).

2.3. FATHER LOUIS FURET AND JOHN M. BROOKE

John Mercer Brooke (1826-1906) was a United States Navy officer, scientist and inventor. He invented the first deep-sea sounding apparatus (1853-1854). He worked with Commander Matthew Fontaine Maury [12] at the United States Naval Observatory (USNO) from 1851 to 1853. During the 1850s and up to 1861 Brooke was deeply involved in United States Naval activities in the Pacific region. He participated on the *Fenimore Cooper* (ninety-eight tons) in the North Pacific Surveying Expedition under Ringgold and Rogers (1853-1856). This voyage included stops in Okinawa and Japan in late 1854 and early 1855. In late 1858 Brooke commanded the *Fenimore Cooper* on a voyage to survey a route from San Francisco to Hong Kong. He arrived in Hong Kong in May 1859. The return trip followed a route via Okinawa and Japan. While the boat was in Yokohama and Brooke had gone to Tokyo, a storm came up and washed the *Fenimore Cooper* on shore. Brooke was reassigned to duty as a technical advisor aboard the Japanese steamer *Kanrin Maru* during that ship's voyage to the United States, in conjunction with the Japanese commissioners who were travelling separately on the *Powhatan* in February 1860.

While the American Squadron under Commodore Perry was flexing American naval power to open Japan to Western trade, scientists like Brooke were quietly and methodically performing the technical oceanographic surveying, charting and research that would be critical to support that maritime trade. In 1861 Brooke resigned his US Navy commission and soon thereafter took a commission in the confederate Virginia Navy (BROOKE 1980).

The journal of BROOKE (1986) contains several interactions with the missionaries of the *Missions étrangères de Paris* in the Far East.

Leaving Hong Kong on June 29th, 1859, for Loo Choo [English spelling for *Ryūkyū Islands*] they had on board four large boxes from Fathers Mermet and Girard of Hong Kong, for Fathers Furet & Fleury now missionaries at Loo Choo.

8 July 1859, at Loo Choo. After dinner Mr. Kern and I went over to Napa [Naha, Okinawa] to call upon the French priests. [...] Father [?] who is now here makes meteorological observations but his barometer ... fell down and was broken. He continues his thermometrical observations, however ... I heard from them that in 1858 severe shocks of earthquakes were experienced in Loo Choo. The fathers promised to make up some short account of the phenomena for me before our departure. They said the Loo Chooans were not alarmed as they are accustomed to earthquakes. There was no damage done and they knew nothing of any rising of the waters or sea wave. There was nothing unusual in the weather. During the past year, 1858, there were no typhoons.

11 July 1859, at Loo Choo. The fathers gave me a copy of their register of earthquakes during the years 58 & 59.

12 July 1859, at Loo Choo. The fathers sent me some valuable records of temperature (BROOKE 1986, pp. 93, 107, 110).

The meteorological observations by Furet handled to John M. Brooke may have been helpful to the establishment of a map published by the United States Navy Hydrographic Office in 1875 (BROOKE 1986, p. 13).

Unfortunately, Furet's records are not included in the 'John M. Brooke Papers, 1859-1898' (see References).

3. Jean Barthe, Physician on *La Sibylle*

3.1. JEAN BARTHE

Jean Barthe was born on August 9th, 1814, at Agen (47000, Lot-et-Garonne, France) and died in Tamaris, a suburb of Alès, Gard, on August 18th, 1866. He first studied at the veterinary school of Toulouse, then he went to the Faculty of Medicine at Montpellier where he wrote a thesis, *De la colique sèche*, in 1852. Barthe started a career in naval medicine in Toulon. His first mission on *La Mésange* brought him to Senegal. Jean Barthe was listed as a navy surgeon having stayed in Gabon in 1843-1845 (MILLELIRI n.d.). Another mission took

him to the Pacific on the steam sloop *Le Cocyte*. Barthe published a short contribution to the pathology of the Tonga (BARTHE 1866). The third of his campaigns was on *La Sibylle*. His meteorological observations on board this ship are discussed below. It is possible that Jean Barthe also participated in the French expeditionary forces dispatched to Lebanon in 1860-1861 to stop the massacre of Christians. Jean Barthe, Navy surgeon in Toulon, Var, was listed as an admitted member of the *Société impériale zoologique d'acclimatation* among the newly-admitted members between March 13th, 1857 and April 23rd, 1858.

The long, arduous voyages, often under difficult climatic conditions, and the hard work of marine surgeon damaged Jean Barthe's health and compelled him in 1865-1866 to go out of service and to occupy the position of physician at the coal mining company of Alès, Gard. Jean Barthe was *médecin de Marine 1^{re} Classe* and *Chevalier de la Légion d'Honneur* (BERGER & REY 1874, p. 12; PELLEGRIN 1866). His wife, Julie Sandfort, received a widow's pension amounting to nine hundred and seventy-five francs by decree of February 20th, 1867 (*Archives de médecine navale*, t. 5).

3.2. THE FRENCH FRIGATE *LA SIBYLLE*

As mentioned before, the French frigate *La Sibylle* took part in the Anglo-French action conducted in the Far East during the Crimean War. While on board, the physician Jean Barthe had the opportunity to carry out meteorological observations. *La Sibylle* was a fifty-gun type frigate, belonging to the *Poursuivante* class, launched on November 7th, 1847, in Toulon, put into service in March or April 1851 and deleted on May 13th, 1881 (fig. 6). On February 1st, 1874, *La Sibylle* was in charge of the eighth convoy of deportees [13] of the *Commune* to New Caledonia, but the travel ended prematurely in Arzew, Algeria.

La Sibylle departed from Brest, France, in March-April 1854. It dropped anchor at La Réunion in September 1854, and it reached the coast of China no earlier than spring 1855. The crew was decimated by an epidemic of dysentery during the passage between La Réunion and China. Following the instructions of Admiral Laguerre, the French naval forces were bound to concentrate in Nagasaki. *La Sibylle* arrived there on May 20th, 1855, after its crew completed with Chinese nearly failed to be grounded on the Gotō islands [14]. Commander Tardy de Montravel finally left Nagasaki on May 31st, 1855, with the corvette *La Constantine* and the frigate *La Sibylle*. They met with the English 1st-class sloop *Styx* in Hakodate, Hokkaido, and were informed on the meeting point with the British left by Admiral Stirling. The meeting was fixed at cape Crillon (or cape Notoro) in the west of Aniwa bay, on the extreme south of Sakhalin. The two French ships followed the eastern coast of Hokkaido. Surprised by the fog while they followed the eastern coast of Hokkaidō, the two French ships could not cross the Kuril Islands before June 28th, but they eventually managed to reach the meeting point with the English at the extreme south of Sakhalin

island. Yet, the crew of *La Sibylle* had been overrun for two weeks by an epidemics of scurvy which took such proportions that the vessel was ordered to return to Nagasaki to take rest (ERULIN 1933-1934).



Fig. 6. — The frigate *La Sibylle*, in Polynesia, in 1869-1870 (courtesy: <http://www.bernard-guinard.com/articles%20divers/Convois%20de%20deportes/Alceste/1'Alceste.html>).

3.3. METEOROLOGICAL, BOTANICAL, ZOOLOGICAL AND MEDICAL OBSERVATIONS MADE BY JEAN BARTHE

In September 1855, during the Anglo-French campaign in the Crimean War, the French frigate *La Sibylle* came to anchor before the village of Tabano on Urup, one of the Kuril Islands, an anchoring place used by ships of the Russian-American Company (RAC). During that halt, the measurements showed a very mild temperature with a daily average of sixteen (*Archives de médecine navale*, t. 5, 1866).

Barthe opened a record of weather observations on January 1st, 1855, and continued until September 12th, 1857. Its columns contain the date, the position of the ship at noon, barometric pressure at different times of the day, the air temperature, the state of the sky, force and direction of winds, clouds, rain and other special events, the strength and direction of currents, temperature of the sea. In several ports like Singapore, the Ryûkyû Islands, the Tartary Channel, Japan, and the Kuril Islands, Barthe noted the temperature of the soil, of the well water and of the rivers.

The lowest barometric pressure corresponded to a terrible typhoon which occurred on the night of August 13 to 14, 1856, near the Zhoushan Islands by 26° N and 118° E. The barometer accused 739.6 mm on the good side of the typhoon, where *La Sibylle* stood. Later Barthe learned in Hong Kong that the pressure had dropped to 727 mm Hg [= 969.25 hPa] on the bad side. The previous days the average was 754.6 mm Hg [= 1006.05 hPa]. The largest diurnal oscillation was observed on September 8th, 1855 in the Kuril Islands: it amounted to 8 mm Hg [= 10.67 hPa].

Achille Valenciennes [15] presented a note to the *Académie des Sciences* on the collection of one hundred and twenty shells acquired at different places where *La Sibylle* had called in. Jean Barthe donated the shells to the *Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN)*. A further note in the *Comptes rendus* of the *Académie des Sciences* deals with the medical observations during the campaign of that frigate. A very heavy toll was paid as during the forty-three months of the campaign a total number of 48,788 sick and 123 dead were registered (BARTHE 1858a, 1858b, 1859; *Cosmos* 1858, 1859; VALENCIENNES 1858; KANTOR & SYSOEV 2002).

The monocot or monocotyledon plant *Globba barthei Gagnep* was named after Jean Barthe. The specimen was collected by Barthe in 1857 in Manila, Philippine Islands (GAGNEPAIN [16] 1901; <http://tropicos.org/Name/34500589?projectid=1>).

Conclusions

The meteorological observations carried out by Father Louis Furet, a French missionary, and by Jean Barthe, a French Navy surgeon, are in line with the 1853 Brussels conference on meteorological observations at sea. Both observers were instructed by Alexandre Delamarche, a French hydrographical engineer, who had participated in the Brussels conference. As both initiatives belong to the early instrumental meteorological observations in the Far East, the data sets are important in terms of climate history and would produce a valuable complement to the Japanese and European meteorological sources (DEMAREE *et al.* 2013, ZAIKI 2004) in that time frame. Therefore, efforts will mainly concentrate on recovering the original data sets.

ACKNOWLEDGEMENTS

The lead author expresses his sincere thanks to Rebecca Williams, librarian at the Southern Collection of the Wilson Library, University of North Carolina at Chapel Hill, for having investigated the possibility of the presence of Furet's data within John Brooke's papers.

NOTES

- [1] In this paper the spelling ‘*La Sibylle*’ has been adopted once for all although in many references the spelling ‘*La Sybille*’ was also found.
- [2] Rear Admiral David Powell Price (1790-1854), a Royal Navy officer, was promoted to Commander-in-Chief of the British naval forces in the Pacific Station in August 1853. During the Petropavlovsk siege, on August 31st, 1854, he was killed by a discharge of his own pistol, either by accident or in a suicide attempt.
- [3] Auguste Febvrier Despointes (1796-March 5th, 1855). Commander of France’s naval division in Oceania and on the West-American coast. First French commander of New Caledonia (September 24th, 1853-January 1st, 1854). He took part in the Pacific theatre of the Crimean War, including the siege of Petropavlovsk. He died on board his ship *La Forte* along the Peruvian coast in 1855.
- [4] Admiral Yevfimiy Vasilyevich Putyatin (1803-1883) is noted for his diplomatic mission to Japan which resulted in the signing of the Shimoda Treaty in 1855.
- [5] Counter-Admiral Adolphe Laguerre (1792-1862), *commandant en chef de la Division navale de la Réunion et de l’Indochine* (1855).
- [6] The Society of Foreign Missions of Paris (French: *Société des Missions étrangères de Paris*) is a Roman Catholic missionary organization (D’HULST 2013).
- [7] Louis Alexandre Amédée, Vicomte Simonet de Maisonneuve. Born in November 1809 in Zara, as the son of an officer of the Illyrian Army of Napoleon, *Capitaine de vaisseau* in June 1853, he made a long campaign in the Chinese and Japanese Seas, and the Persian Gulf from 1854 to 1857, on the frigate *La Sibylle*. The crew was severely hit by four successive epidemics and its second officer committed suicide (TABOULET 1954).
- [8] Louis-Marie-François Tardy de Montravel (1811-1864) was a French admiral, explorer and colonial administrator.
- [9] Nicolas François Guérin (1796-1877), Counter-Admiral on May 12th, 1854, in command of the French *Division navale de la Réunion et de l’Indochine*.
- [10] Charles Sainte-Claire Deville. Born in 1814 on St. Thomas, Virgin Islands; died in 1876 in Paris. French geologist and meteorologist. Member of the *Académie des Sciences* (1857). Professor at the *Collège de France* (1875).
- [11] Alexandre Delamarche (1815-1884). Former student at the *Ecole Polytechnique*, hydrographic engineer and cartographer of the French Imperial Marine. He participated as a meteorologist on board the frigate *Erigone* to the campaign in the Sea of India and China in 1841-1844. He represented France at the 1853 Brussels ‘First International Maritime Conference held for Devising a Uniform System of Meteorological Observations at Sea’.
- [12] Matthew Fontaine Maury (1806-1873), United States Navy, was an American astronomer, historian, oceanographer, meteorologist, cartographer, author, geologist, and educator. He was the leading spirit of the pioneer scientific conference when it met in Brussels in 1853 under the presidency of Adolphe Quetelet (1796-1874), director of the Royal Observatory of Brussels.
- [13] ‘*Communards*’.
- [14] The Japanese islands of Gotō are located in the East China Sea, off the western coast of Kyūshū. They are part of Nagasaki Prefecture.
- [15] Achille Valenciennes (1794-1865) was a French zoologist specialized in fish.
- [16] François Gagnepain (1866-1952) was a French botanist. The standard botanical author abbreviation *Gagnep* is applied to plants described by Gagnepain.

REFERENCES

- Annuaire de la Société Météorologique de France*, **IX** (1861), 2^e partie Bulletin des Séances, p. 140, Table alphabétique, pp. 3-4.
- Archives de Médecine navale, Bulletin Officiel*, **5** (1866): 78.
- BARTHE, J. 1852. De la colique sèche. — Montpellier, thèse de doctorat, 40 pp.
- BARTHE, J. 1858a. Observations de météorologie et de botanique faites pendant le voyage de la frégate *La Sibylle*; par M. Barthe (extrait de l'auteur). — *Comptes Rendus hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences*, **46**: 733-735 (Note sur une suite intéressante de coquilles rapportées des mers du Japon, et de la Manche de Tartarie, par M. le Dr Barthe, par M. A. Valenciennes, pp. 759-763; Observations médicales prises à bord de la frégate *La Sibylle*, pendant la campagne de cette frégate dans l'Inde, la Chine, le Japon, la Manche de Tartarie, etc., par M. Barthe (extrait de l'auteur), pp. 778-780).
- BARTHE, J. 1858b. Voyages scientifiques – Observations médicales prises à bord de la frégate *La Sibylle*, pendant la campagne de cette frégate dans l'Inde, la Chine, le Japon, la Manche de Tartarie, etc., par M. Barthe (extrait de l'auteur). Sociétés savantes, Académie des Sciences, Séance du 19 avril 1858, Présidence de M. Despretz. — *Gazette hebdomadaire de Médecine et de Chirurgie*, **5** (sér. 1): 316-317.
- BARTHE, J. 1859. Zoologie – Nouvelle espèce d'Aspidophore (Séances Académiques, Institut de France – Académie des Sciences, Séance du 3 janvier 1859). — *L'Institut, Journal Universel des Sciences et des Sociétés Savantes en France et à l'Etranger*, **1305** (1^{re} section, 27^e année): 4-5.
- BARTHE, J. 1866. Contribution à la pathologie des îles Tonga. — *Archives de Médecine navale*, **5**: 249-250.
- BEILLEVAIRE, P. 1999. Un missionnaire aux îles Ryūkyū et au Japon à la veille de la restauration de Meiji – Louis Furet (1816-1900). — Paris, Archives des Missions Etrangères de Paris, *Etudes et Documents*, **7**: v + 248 pp.
- BEILLEVAIRE, P. 2013. Présences françaises à Okinawa: De Forcade (1844-1846) à Haguenaer (1930). — *Ebisu. Etudes japonaises*, **49**: 133-164.
- BERGER, C. & REY, H. 1874. Répertoire bibliographique des Travaux des Médecins et des Pharmaciens de la Marine française 1698-1873. — Paris, J.-B. Baillière et Fils.
- BROOKE, G. M., Jr. 1980. John M. Brooke, Naval Scientist and Educator. — Charlottesville, University of Press of Virginia, 372 pp.
- BROOKE, G. M., Jr. (Ed.) 1986. John M. Brooke's Pacific Cruise and Japanese Adventure 1858-1860. — Honolulu, Hawaii, University of Hawaii Press, xii + 265 pp.
- Brooke (John M.) Papers 1859-1898. Collection Number: 03208-z, Southern Historical Collection, Wilson Library, University of North Carolina (http://www2.lib.unc.edu/mss/inv/b/Brooke,John_M.html).
- Cosmos, Revue encyclopédique hebdomadaire des Progrès des Sciences et de leurs Applications aux Arts et à l'Industrie* (fondée par M. B.-R. de Monfort; rédigée par M. l'abbé Moigno), **XIII** (1858): 803; **XIV** (1859): 206-207.
- DEMAREE, G. R. & MIKAMI, T. 2000. Some XVIIth and XVIIIth-Century Dutch Climatological Observations at Deshima, Nagasaki, (Japan), seen as a Complement to Japanese Climatological Historical Documents. — In: MIKAMI, T. (Ed.), Proceedings of the International Conference on Climate Change and Variability – Past, Present and Future (Tokyo Metropolitan University, 13-17 Sept. 1999), pp. 107-113.

- DEMAREE, G. R., MIKAMI, T., TSUKAHARA, T. & ZAIKI, M. 2013a. In the Wake of *De Liefde* – The Instrumental Meteorological Observations of the *Vereenigde Oost-Indische Compagnie (VOC)*. — *Bull. Séanc. Acad. R. Sci. Outre-Mer / Meded. Zitt. K. Acad. Overzeese Wet.*, **59** (2-4): 385-405.
- DEMAREE, G. R., MIKAMI, T., TSUKAHARA, T. & ZAIKI, M. 2013b. The meteorological Observations of the *Vereenigde Oost-Indische Compagnie (VOC)*. What can be learned from them? — *The Historical Geography*, **267** (55-5): 99-106.
- D’HULST, Y. 2013. 19世紀、琉球王国に関するフランスの海軍・宣教・外交史料 (19th-century French naval, missionary and diplomatic archival sources on Ryūkyū. EAJRS). — Paris, Bulac.
- ERULIN (Itv.) 1933-1934. Les opérations dans le Pacifique pendant la guerre de Crimée 1854-1856. Campagne de Kamtchatka et des bouches de l’Amour. — Mémoire à l’Ecole Navale (Brest) (<http://www.histoire-genealogie.com/spip.php?article1444&lang=fr>).
- FURET, L. 1854. Chine et Japon. Lettre à M. L. de Rosny. Hong-Kong, le 5 août 1854. — *Revue de l’Orient, de l’Algérie et des Colonies*, **XVI**: 399-401.
- FURET, L. 1856. Description de la Grande Île Lou-Tchou [Mer du Japon]. Extrait d’une lettre à M. Léon de Rosny, datée de Hong-Kong, le 12 octobre 1855. — *Revue de l’Orient, de l’Algérie et des Colonies*, N. S., **XIII**: 23-28; 127-132.
- FURET, L. 1857a. Lettres à M. Léon de Rosny sur l’Archipel japonais et la Tartarie orientale. — Paris, Just Rouvier & Dentu, 28 pp.
- FURET, L. 1857b. Le Déroit de Matsmayé (Nord du Japon). Lettre à M. Léon de Rosny. Baie de Barracouta, le 5 juin 1856; La Baie de Barracouta (Tartarie orientale – Manche de Tarakaï). Lettre à M. Léon de Rosny. Mer du Japon, à bord de *La Virginie*, le 12 juillet 1856; La Baie des Joncquières (Côte occidentale de l’Île Karafto ou Tarakaï). Lettre à M. Léon de Rosny. Baie de Saka, sur la côte Est de l’île Tsou-Sima, 27 juillet 1856; Esquisse de la Baie de Barracouta. Côte orientale de Tartarie. — *Revue de l’Orient, de l’Algérie et des Colonies*, N. S., **V**: 137-143; 367-374; 374-382.
- FURET, L. 1857c. Missions du Japon. Lettre de M. Furet, ... — *Annales de la Propagation de la Foi* (recueil périodique), **29**: 293-316.
- FURET (Père) 1859a. Géographie physique – Notice sur les îles Lou-Tchou. — *Comptes Rendus hebdomadaires des Séances de l’Académie des Sciences*, **48**: 287-290.
- FURET (Père) 1859b. Géographie physique – Iles Lou-Tchou (Séances Académiques, Institut de France – Académie des Sciences, Séance du 14 février 1859). — *L’Institut, Journal Universel des Sciences et des Sociétés Savantes en France et à l’Etranger*, **1311** (1^{re} section, 27^e année): 50-51.
- FURET (Père) 1859c. Météorologie – Observations météorologiques faites aux îles Lou-Tchou. — *Comptes Rendus hebdomadaires des Séances de l’Académie des Sciences*, **48**: 393-396.
- FURET (Père) 1859d. Observations météorologiques faites aux îles Lou-Tchou (Séances Académiques, Institut de France – Académie des Sciences, Séance du 28 février 1859). — *L’Institut, Journal Universel des Sciences et des Sociétés Savantes en France et à l’Etranger*, **1313** (1^{re} section, 27^e année): 67.
- FURET, L. 1860a. Lettres à M. Léon de Rosny sur l’Archipel japonais et la Tartarie orientale (précédé d’une Introduction par E. Cortambert et suivi d’un Traité de Philologie japonaise & de plusieurs Vocabulaires). — Paris, Maisonneuve & Cie, 120 pp.
- FURET, L. 1860b. Resultate meteorologischer Beobachtungen auf den Lu-Tschu-Inseln vom Pater Furet, apostolischem Missionar. — *Repertorium für Meteorologie, ...* (redigirt von Dr. Ludwig Friedrich Kämtz), I. Band, Dorpat, pp. 153-154.

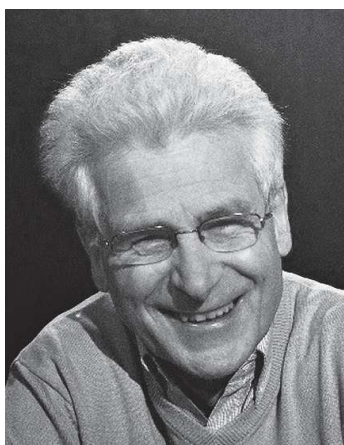
- FURET (Père) 1861. Le moineau et le papillon. Fable japonaise. Sur la doctrine des métamorphoses. — *Revue de l'Orient, de l'Algérie et des Colonies*, N. S., **XIII**: 255-258.
- FURET, L. 1862. Iles Lou-Tchou. La femme loutchouane – L'origine du Japon. — *Revue orientale et américaine, Chronique orientale et américaine*, **VIII**: 3-7.
- GAGNEPAIN, F. 1901. Révision des genres *Mantisia* et *Globba* (Zingibérées) de l'herbier du Muséum (séance du 28 juin 1901). — *Bulletin de la Société Botanique de France*, **48**: 208-209.
- HIRANO, J. & MIKAMI, T. 2008. Reconstruction of winter climate variations during the 19th century in Japan. — *International Journal of Climatology*, **28**: 1423-1434.
- JELINEK, C. & HANN, J. 1872. Zur Meteorologie von Japan II. Yokohama, Decima, Nafa. — *Zeitschrift Österreichische Gesellschaft für Meteorologie*, **VII** (3): 45-47.
- KANTOR, Y. I. & SYSOEV, A. V. 2002. On the species of molluscs from Russian waters described by Valenciennes in little known publications in 1858. — *Ruthenica*, **12** (2): 119-123.
- KERRET, J.-R.-M. (DE) 2004. Journal de mes voyages autour du monde, 1852-1855 (texte et illustrations originales de Jean-René-Maurice de Kerret, dessinateur sur *La Forte*, frégate de la Marine Impériale (édité par Tugdual de Kerros). — Brest, éd. Cloître, 255 pp.
- L'illustration. Journal universel*, **XXVII** (janv.-juin 1856). Expédition de l'Indo-Chine, 673 (19 janv.): 44-45, 681 (15 mars): 167-170; **XXVIII** (juillet-déc. 1856). Expédition de l'Indo-Chine – rade du Tzar Nicolas, Mandchourie, 714 (1^{er} nov.): 277-278, 715 (8 nov.): 302; **XXIX** (janv.-juin 1857). Expédition de *La Constantine* dans les mers du Japon, 741 (9 mai): 301-302. Episode du séjour de *La Constantine* et de la division française à Nagasaki, 745 (6 juin): 359-362.
- MIKAMI, T., ZAIKI, M. & HIRANO, J. 2015. A History of Climatic Change in Japan. A Reconstruction of Meteorological Trends from Documentary Evidence. — *In*: BATTEN, B. L. & BROWN, P. C. (Eds.), *Environment and Society in the Japanese Islands, from Prehistory to the Present*. Corvallis, Oregon State University Press, pp. 197-212.
- MILLELIRI, J. M. (n.d.) Médecins, chirurgiens et pharmaciens de la Marine au Gabon. — *Gabon Magazine*, pp. 24-32.
- MOHL, J. 1860. Lettres à M. de Rosny sur l'Archipel japonais et la Tartarie orientale, par le P. Furet, missionnaire. — *Journal asiatique ou Recueil de Mémoires, d'Extraits et de Notices relatifs à l'Histoire, à la Philosophie, aux Langues et à la Littérature des Peuples orientaux*, **XVI** (5^e sér.): 550.
- PELLEGRIN, L.-M.-D. 1866. Nécrologie et discours sur la tombe de Barthe. — *Archives de Médecine navale*, **VI**: 231-232.
- REIN, J. J. 1881. Japan nach Reisen und Studien im Auftrage der Königlich Preussischen, Regierung dargestellt. Erster Band. Natur und Volk des Mikadoreiches. — Leipzig, Verlag von Wilhelm Engelmann, 630 pp.
- REIN, J. J. 1884. Japan: Travels and Researches Undertaken at the Cost of the Prussian Government (translated from the German). — New York, A.C. Armstrong and Son, 543 pp. + 20 ill. + 2 maps.
- REIN, J. J. 1998 [1884]. Japan: Travels and Researches. — Richmond, Surrey, Curzon Press, 547 pp.
- TABOULET, G. 1954. Les origines immédiates de l'intervention de la France en Indochine (1857-1858). — *Revue d'Histoire des Colonies*, **41** (144): 279-302.

- TARDY DE MONTRAVEL, L. 1854-1855. Renseignements hydrographiques et autres, recueillis à bord de la corvette *La Constantine*. — *Annales hydrographiques, recueil d'avis, instructions, documents et mémoires relatifs à l'hydrographie et à la navigation publié par le dépôt des cartes et plans de la marine*, **X**: 155-338.
- TSUKAHARA, T. 2002. Historical Meteorological Records in Japan in relation to Rangaku and East Asian History of Science Context (draft d.d. 29 Nov., 2002 for Shanghai Proceedings – originally based on the draft for the 10th International Conference of History of East Asian Science, 20-23 August, 2002) (<http://homepage2.nifty.com/tsukaken/pro.tsukahara/works/Historical... ???>).
- TSUKAHARA, T. 2003. Weather of the Empire: Modern Japanese Meteorological Networking (<http://tsukaken2.world.coocan.jp/who-is/conference-sing2003.html>).
- TSUKAHARA, T., ZAIKI, M., MATSUMOTO, K., & MIKAMI, T. 2005. Nihon no kiki kansoku no hajimari: Dare ga, dono yō na jōkyō de hajimeta no ka / Beginning of Instrumental Meteorological Observation in Japan: By Whom, in What Context, and Its Transitional Nature. — *Gekkan chikyū (Earth Monthly)*, **27** (9): 713-720.
- VALENCIENNES, A. 1858. Nouvelles espèces de coquilles. — *L'Institut, Journal Universel des Sciences et des Sociétés Savantes en France et à l'Étranger*, **1269** (1^{re} section, 26^e année): 143-144.
- YAYORI TAKANO 2010. Foreign Influence and the Transformation of Early Modern Japan. — *Emoty Endeavors in World History*, **3** (Navigating the Great Divergence): 82-93.
- ZAIKI, M. 2004. Correction and Homogenization of the 19th Century Instrumental Meteorological Records in Japan and its Application for Studying Past Climate Variability. — Tokyo Metropolitan University, Graduate School of Science, Department of Geography, 80 pp., 18 tabs., 60 figs. + appendices.

In memoriam

Thierry VERHELST

(Gand, 20 septembre 1942 – Bruxelles, 25 avril 2013)*



Evoquer devant notre Classe la personnalité d'une consœur ou d'un confrère disparus est toujours un exercice difficile. Il l'est d'autant plus que son auteur a appris de la sagesse africaine rapportée par Amadou Hampate Ba qu'«il y a plus d'une personne dans la personne de l'être humain» et que celui dont il va aborder la personnalité se révèle particulièrement riche à cet égard. Sa tâche se complique lorsqu'il n'a été au plus près de celui-ci que pendant la première de ses multiples vies et enfin qu'il ne l'aborde en principe que sous l'angle de son activité au sein de notre Compagnie.

*

* *

Le samedi 20 septembre 1969, un professeur de l'Université Libre de Bruxelles, également premier substitut auprès de l'auditeur général près de la Cour militaire, John Gilissen (1912?-1988), débarque à Addis-Abeba, accompagné de son épouse et arrivant d'Afrique du Sud. Craignant des difficultés à l'immigration, je décide de les accueillir et d'en profiter pour faire la connaissance d'un jeune juriste belge qui a rejoint la faculté de droit de l'Université Hailé Sélassié I^{er} dans laquelle j'enseigne depuis janvier 1965 et où je viens de revenir deux jours plus tôt après un bref séjour en Belgique pour assurer à l'ULB mes charges d'examen de la seconde session pour des cours que je dispense quatre mois par an. Le doyen de la faculté m'a immédiatement informé de la présence d'un collègue belge et j'ai hâte de découvrir celui que je décris dans un courrier à ma femme comme un «nouveau-venu» [1]**.

* Eloge prononcé à la séance de la Classe des Sciences humaines tenue le 18 février 2014.

** Les chiffres entre crochets [] renvoient aux notes, p. 498.

Très vite, je l’emmène régulièrement pendant les week-ends sur les chemins montagnards et les forêts d’eucalyptus qui mènent aux monastères coptes regroupés près du col d’Entoto, lequel commande l’accès au haut plateau éthiopien au-dessus de la capitale créée par Ménélik II. Trois mois plus tard, le 25 décembre, il partage avec ma femme, venue me rejoindre pour les fêtes, un dîner de Noël chez les Saint Hubert (il est conseiller à l’ambassade de Belgique) auquel assistent notre ambassadeur, le comte de Liedekerke et son épouse, un enseignant égyptien de droit international qui vient de terminer un séjour comme professeur visiteur à la faculté de droit de Paris, Boutros Boutros-Ghali, accompagné de son épouse, et enfin mon adjoint au Centre pour le Développement juridique africain et futur diplomate, Paul Ponjaert. Et lorsque, le 4 janvier 1970, au lendemain du départ de mon épouse, soucieuse de retrouver nos deux fils à Bruxelles, et à un mois de mon retour définitif en Belgique, je me retrouve au lit suite à une solide grippe qui règne en ville, je survis, puis me rétablis, grâce, entre autres, au dévouement de Thierry Verhelst.

J’apprends ainsi à le connaître et puis dès lors évoquer: **une première personne menant une première vie (1966-1973).**

Entre 1966 et 1973, nous assistons à la construction d’un juriste éclairé dans sa complétude de théoricien, d’enseignant, de gestionnaire et d’homme d’action.

Sorti docteur en droit de l’Université de Gand en 1966 avec des titres suffisants pour être également boursier de la très exigeante *Belgian American Educational Foundation*, il se retrouve à l’Université Columbia où Arthur Schiller l’initie notamment aux droits africains. *Master in Comparative Law* en 1967, on le retrouve, en 1967-1968, chercheur et enseignant dans le programme africain de la *University of California – Los Angeles* avec comme centre d’intérêt la problématique des réformes foncières en Afrique, notamment en rapport avec le droit coutumier et l’anthropologie économique! Il tire de ces premières expériences sa première monographie scientifique, *Safeguarding Customary Law: Judicial and Legislative Processes for its Adaptation and Integration*. J’en extrais la phrase suivante: «It is therefore the task of the lawyer to devise systems which render customary law and economic development policies compatible with each other. Thus the formulation of land laws provides one of the most challenging problems of legal development in Africa.» Il enchaîne en 1970, après son retour des Etats-Unis, dans la revue *Cultures et Développement* sous le titre «Customary Land Tenure as a Constraint on Agricultural Development: A Re-Evaluation»; il y revient sur l’importance de la coutume en tant que source du droit et y prend le contre-pied des «développementalistes», reproducteurs du modèle européen outre-mer. Cette insistance sur cette source du droit produite par le peuple contient en germe l’orientation qui marquera sa vie.

Au moment où son second texte paraît, nous savons que Thierry Verhelst est déjà en Ethiopie où la Fondation Ford appuie financièrement depuis 1965 le programme Sailer (*Staffing of African Institutions of Legal Education and*

Research) qui a pris en main la création de la faculté de droit de l'Université Hailé Sélassié I^{er} à Addis-Abeba. Il y est professeur visiteur et, compte tenu du retour définitif prochain du premier directeur du Centre pour le Développement juridique africain, créé en 1966 au sein de la faculté par celle-ci et l'Institut de Sociologie de l'ULB, il devient codirecteur de ce centre qui a développé jusqu'alors une activité documentaire, base de toute réflexion sur le fond dès lors qu'était envisagée la comparaison des droits africains au niveau du continent en tirant parti de la présence à Addis-Abeba des sièges de l'Organisation de l'Unité africaine et de la Commission économique des Nations Unies pour l'Afrique.

Dès qu'il entre en charge, Thierry Verhelst attaque le cœur de la matière en abordant de front l'un des problèmes majeurs de l'Afrique en transition, à savoir la recherche de l'équilibre à atteindre entre les impératifs du développement économique conduit par un pouvoir politique dynamique et fort et la défense des libertés individuelles proclamées en faculté de droit et au sein de la Fondation Ford qui encourage sa mise en œuvre par les jeunes juristes, le plus souvent très brillants et idéalistes du *Peace Corps*. Assisté de l'un d'entre eux, Zigmund Plater, il organise en 1971 une conférence interafricaine sur le thème de «L'individu face à la justice en Afrique» sous l'égide de la Commission économique pour l'Afrique. Indépendamment de la publication des actes du colloque, il y intervient personnellement sous la forme de deux rapports consacrés à un «Aperçu de quelques cours et procédures d'exception de nature criminelle» et à «The Judiciary in Africa – Survey of Mechanisms devised to Enhance its Qualifications, Independence and Integrity», tandis qu'il analyse avec son collègue Plater les «Garanties constitutionnelles de l'individu face à la justice»; il reprendra ce dernier thème la même année, mais seul cette fois et en ce qui concerne uniquement l'Afrique francophone dans le *Journal de Droit africain – Journal of African Law*, organe officiel de l'Association internationale de Droit africain – *International African Law Association*, publié à Londres. Dans ces textes, le propos demeure très juridique, même si l'intérêt bascule déjà vers le citoyen.

On retrouve cette dualité dans sa fonction de conseiller du ministre éthiopien de la Réforme foncière qu'il exerce entre 1970 et 1973 parallèlement à ses charges universitaires. Toutefois, le paysan éthiopien apparaît au premier plan d'une expérience de réforme qu'il mène dans le sud du pays, là où l'exploitation de la paysannerie par les propriétaires absents est flagrante. La documentation relative à ce projet est apparemment demeurée dans les cartons du ministère [2], mais notre confrère déposa à l'intention de notre Classe ses «Réflexions en marge des problèmes de réforme agraire en Ethiopie» dont l'impression dans la série des *Mémoires* fut décidée le 15 janvier 1974. Le texte se présente dans une perspective institutionnelle et structurelle, qui est reconnue d'emblée. Les éléments relevant de la société sont décrits brièvement à la lumière de la littérature existante, mais la conclusion est sans appel: «le droit sera sans effet

réel sans le bouleversement fondamental du pouvoir économique, politique et social des grands propriétaires terriens». Ces mots sont prophétiques: l'année 1974 ne s'achèvera pas sans que l'empereur soit déposé et les militaires au pouvoir; ceux-ci ne mettront pas six mois à abolir la propriété privée des moyens de production.

L'activité de Thierry Verhelst ne se limite toutefois pas à l'Ethiopie. En 1972, l'administration belge de la Coopération au Développement le charge de mettre sur pied au Rwanda un centre de formation judiciaire à l'occasion de missions de courte durée dans ce pays. Il y réunit les matériaux de *La législation rwandaise en dix ans d'indépendance nationale*, ouvrage publié en 1972. L'année suivante marque le sommet de son rayonnement international. S'y succéderont: «Common lands in Some African Legal Systems», dans la *Revue de l'Institut de Sociologie* de l'ULB; «Les obstacles au développement agricole en Ethiopie», dans la *Revue algérienne des Sciences juridiques, politiques et économiques*, «Legislation on the Judiciary in Africa: Fantasy Law or Programmed Expectations?» dans *Verfassung und Recht im Übersee*, et enfin les notices relatives aux droits constitutionnels du Burundi et du Rwanda dans le corpus qui fait autorité en la matière et qui sera publié aux Etats-Unis sous le titre *Constitutions of the World*.

En l'espace de six ans, il se construit ainsi une réputation internationale de producteur et de gestionnaire dans le champ de la science juridique de l'outre-mer.

L'année 1973 est aussi celle de l'interruption inattendue par la Belgique du financement des activités du Centre pour le Développement juridique africain en Ethiopie, alors que celui-ci était en plein essor. Thierry Verhelst se retrouve à la case départ et confronté à une éventuelle réorientation de carrière. L'Université Libre de Bruxelles peut très heureusement profiter de son expertise pendant l'année académique 1973-74 en qualité de suppléant du titulaire (invité à l'étranger) d'enseignements entrant directement dans son champ de spécialisation: droit du développement, ethnologie juridique, introduction aux droits africains et institutions politiques des pays en voie de développement. Mais pareille opportunité était unique dans notre pays. Aussi, en 1974, se tourne-t-il vers l'Algérie, en quête de juristes de valeur pour l'assister dans la constitution des services juridiques de ses sociétés d'Etat. En 1974-75, il met sur pied et assume la responsabilité générale du service juridique de la Société nationale algérienne de constructions métalliques à Alger. Cette expérience débouchera sur un travail, malheureusement jamais publié, «L'industrialisation algérienne et le contrat "Produit en main"», son commanditaire, l'Association internationale de Droit africain – *International African Law Association*, étant entré dans un coma profond après son congrès de Belgrade en 1975. La même année, il sera lauréat du concours annuel de notre Académie pour les sciences morales et politiques en présentant «La décolonisation juridique et l'utilisation du droit comme instrument de développement»; ce mémoire ne sera malheureusement pas publié, en raison de la crise financière aiguë que traverse alors notre institution.

Le terrain de l'outre-mer s'éloigne d'ailleurs à ce moment de Thierry Verhelst. De 1976 à 1979, il est directeur en charge de la gestion quotidienne du conseil bruxellois des institutions liées à *Caritas Catholica*. C'est pendant cette période que notre confrère Antoine Rubbens, qui le connaît au niveau des ONG, le propose en qualité de membre associé de notre Compagnie; il est appuyé par de fortes personnalités, Jean-Paul Harroy et Guy Malengreau, le premier particulièrement qualifié pour apprécier les travaux du candidat relatifs au Rwanda, le second pour ses contributions aux problèmes fonciers. C'est compter sans la distraction bien connue des grands savants. Tous trois perdent de vue qu'à l'époque, l'élection d'un membre associé suppose qu'au moins deux candidats soient proposés, ce qui n'est pas le cas. Leur proposition n'est donc pas prise en considération et il faudra cinq ans pour découvrir l'oiseau rare. Thierry Verhelst entrera sans problème dans notre sein en 1983.

Dans l'intervalle, le monde des ONG ne l'abandonne pas, sans toutefois lui offrir une quelconque stabilité. Ainsi passe-t-il, en 1979, du Bruxellois à l'international en occupant la fonction de secrétaire général *ad interim* de la Coopération internationale pour le Développement et la Solidarité (CIDSE) qui regroupe plusieurs ONG chrétiennes sous la devise «Ensemble pour une justice globale». A vingt-neuf ans, il peut s'interroger si une vie de bureau est nécessairement celle qu'il ambitionne, alors que les voies de l'enseignement et de la recherche ne s'ouvrent guère davantage. Il va donc choisir de changer radicalement de vie et nous présenter: **une deuxième personne menant une deuxième vie (1981-1986)**.

C'est le temps de l'épanouissement de l'anthropologue culturel, passeur et médiateur entre des personnalités multiples, celles qu'il rencontre et la sienne propre. Cette dynamique possède une double dimension, dont la première va de soi, la seconde moins, mais est capitale.

Au premier chef, le terrain, via «Entraide et Fraternité» et *Broederlijk Delen*, ou le monde vu à travers les ONG d'inspiration chrétienne, membres du CIDSE. Et un constat rapide — que l'expérience confortera — d'une dimension négligée ou mal perçue de l'action solidaire: la culture populaire au sens le plus étendu et le plus profond du terme. Le juriste se dévêt du manteau des droits pour revêtir celui des cultures infiniment multiples et diverses de celles et ceux vers qui son métier le porte en tant que responsable de projets, que ce soit en Afrique méridionale, au Brésil, aux Caraïbes, en Corée du Sud, en Ethiopie, en Inde, à Java, au Kampuchea, au Mozambique, à Taïwan ou au Vietnam, sans que cette énumération soit limitative ou indicative d'un quelconque niveau d'intérêt. Priment désormais l'observation et la compréhension empreinte d'empathie ainsi que la projection de leurs fruits dans des principes d'action partagés au niveau de la synthèse. Disons simplement que le défi est colossal.

Vient simultanément, dès 1981, avec la création à Bruxelles de «Voies de l'Orient», l'ouverture de la réflexion à la spiritualité asiatique qui s'effectue par des voies diverses dont les plus directes sont peut-être la lecture de Gandhi,

l'apprentissage du yoga et la découverte de l'importance de la méditation intérieure. Thierry Verhelst lègue à «Voies de l'Orient» le trésor méconnu d'une littérature abondante, reflet de ses expériences et de son développement personnel. On a l'impression qu'il y découvre ce que ses priorités professionnelles n'avaient pu lui apporter en Afrique. Désormais, la spiritualité interne des personnes rencontrées et de celui qui les rencontre dépasse et même s'oppose fermement à la religion «évangéliste» «qui vous dit qu'il faut croire» et «ce qu'il faut croire». Dans ce cheminement vers les autres, les rencontres et les dialogues avec les sages de l'Inde dans leurs ermitages, les *ashrams*, constituent des étapes capitales et encouragent un retour vers un christianisme — celui des origines — qui n'est plus celui dont le discours et les pratiques ecclésiastiques l'avaient un temps éloigné.

Il en fait le bilan, en 1987, dans *Des racines pour vivre – Sud-Nord: identités culturelles et développement*, ouvrage rapidement traduit en anglais, italien, portugais, néerlandais, finnois, allemand, japonais et qui contient un constat négatif au sujet des ONG: leur absence d'intérêt véritable pour la culture de l'autre «qui donne sa raison d'être et son objectif au développement». Ce constat impose à Thierry Verhelst, qui est un homme qui s'exprime «vrai», de changer une fois encore de vie et d'afficher son retour à une personnalité profondément spirituelle dans son essence même en nous offrant **une troisième personne menant une troisième vie (1986-2003)**.

Celle que j'appelle du mutant radical autonome. Le mutant d'abord, que nous met en lumière son livre *Des racines pour l'avenir. Cultures et spiritualités pour un monde en feu*, après que les participants à «Ailes et Racines» en aient synthétisé les sept caractéristiques. En tête de celles-ci, vient la double spiritualité, la sienne et celle de l'autre, trait fondamental de la personne du mutant. Elle lui permet de se qualifier de «radical», cette double analyse partagée permettant seule de remonter à la racine même de tout développement authentique, d'où le caractère radical dont on oublie trop facilement l'étymologie latine. Vient enfin l'autonomie qui doit permettre d'abolir dans toute la mesure du possible la dépendance d'autrui dans un processus libre-exaministe authentique.

L'outil de cette autonomie qui l'affranchit des ONG est la création en 1986 du «Réseau Sud-Nord – Culture et Développement», qui regroupe à son origine quelques personnes autour de lui, mais dont il devient rapidement le seul maître d'œuvre. Avant la fin de l'année 2003, cinquante numéros seront ainsi publiés régulièrement d'une revue en ligne, dont le titre évolue quelque peu au début, mais se transforme bientôt en le nom même du réseau. Thierry Verhelst en est l'âme et fait fructifier intellectuellement tout son acquis des années précédentes à travers le monde. Il noue également des contacts caractérisés par son regard critique avec des institutions comme la *Fondation Dag Hammarskjöld*, la *International Foundation for Development Alternatives*, les *Other Economic Summits* (TOES), etc.

Le 19 juin 1990, il est brièvement parmi nous pour nous présenter le bilan de sa vie précédente sous le titre «What “development” for the nineties? Reflections on the cultural nature of development», qu’il présente ensuite début juillet à la conférence «The Voice of the People for Change» des TOES à Houston. Il y effectue une synthèse de ce que la période 1981-1986 lui a appris au sujet du rôle des cultures dans un développement bien compris.

En 1994, il est élu vice-directeur de sa Classe, mais demande, avant la fin de son mandat, sa décharge, car il est trop pris à l’étranger. Il renonce en même temps à sa direction à partir de 1995 et, du même coup, à une présidence de l’Académie qui l’aurait accompagné sur base de la rotation des Classes à cette haute fonction. Enfin, il demande son admission à l’honorariat; il n’a que cinquante-deux ans!!! Le Bureau de l’Académie est saisi de ce cas exceptionnel qui devance largement l’âge normal d’accession au titre de membre honoraire et décide de la lui accorder. Il est vrai que son réseau va d’initiatives en initiatives, qui mobilisent chaque jour aux quatre coins du monde son apparemment inépuisable énergie.

En 1997-99, c’est le programme consacré aux sources personnelles de la spiritualité dans le développement à l’occasion duquel vingt-deux acteurs de premier plan s’expriment, s’interrogent mutuellement et débattent de leur cas personnel pour aboutir à la publication en 2001 de *Ailes et Racines: partage sur la spiritualité de l’engagement social*. En 1999-2000, suivra le programme sur l’identité au niveau collectif et son impact sur le développement local et la démocratie, qui permet de réconcilier les multiples personnalités de chacun dans un effort commun de progrès social. Et enfin, cinq ans après l’arrêt institutionnel — mais pas personnel — du réseau, vient, en 2008, le bilan d’une vie: *Des racines pour l’avenir. Cultures et spiritualités dans un monde en feu*, où s’unissent toutes les spiritualités indistinctement, pourvu qu’elles soient sincères et non instrumentalisées par des marchands de Dieu sait quel temple. Tel est l’esprit de son dernier message publié, qui se retrouve synthétisé en 2012 dans *Wie is toch die ander?* Il y réaffirme notamment sa foi dans un devenir meilleur de notre «monde en feu», se situant dans les pas de Charles Péguy: «Mais l’espérance, dit Dieu, voilà ce qui m’étonne», mais pas Thierry Verhelst, chez qui elle est «naturelle». Etonné, sans doute l’aurait-il été, lorsque l’un de mes collègues à l’université, franc-maçon déclaré, ayant lu et relu *Des racines pour l’avenir*, qui l’enthousiasme, le considère comme un «maçon sans tablier» au même titre qu’Edgar Morin, l’un des inspireurs de Thierry Verhelst.

Mais je m’égare. L’un de mes grands regrets personnels demeure de l’avoir si peu vu et entendu parmi nous. Que d’occasions manquées d’étudier avec lui en confrontant nos perceptions des outre-mer dans un vrai dialogue. Car Thierry Verhelst était aussi une personne «vraie», au sens très ancien de «qui se comporte sans dissimuler, ni tromper», et surtout pas de ceux «qui se terrent et se déroberent aux responsabilités [en voulant] éviter de commettre des erreurs: [son] existence [n’en est pas] une» [3]. Il est aussi une personne fidèle, «qui ne manque pas à la foi un jour donnée».

Le 20 mars 2012, notre Classe était réunie. L'idée biscornue m'était venue de l'entretenir de l'avenir de la discipline historique dans notre Académie sous le titre, tout aussi biscornu: «*Quo vadis historia in Academia nostra?*». Il était 2 h 35 et, me préparant au combat, je rassemblais mes notes avant de gagner le lutrin. La porte de la salle s'est ouverte pour laisser entrer un confrère attardé. Le chaud sourire de l'amitié retrouvée après une trop longue absence éclairait le visage, le pétilllement du regard trahissait le plaisir suscité par la réussite du bon tour qu'il me jouait en surgissant ainsi et que trahissait mon étonnement de le voir là. Il dit: «Mais enfin Jacques, j'ai simplement vu que vous parliez aujourd'hui et je suis venu vous écouter».

«Tout le reste est silence».

NOTES

- [1] Ces éléments biographiques relatifs à ma rencontre avec notre futur confrère sont empruntés à mes «Souvenirs» en cours de rédaction et destinés à un usage strictement familial.
- [2] Sauf à en retrouver des éléments dans les archives de notre confrère.
- [3] J'espère que Joseph-Désiré, Cardinal Mercier, me pardonnera cette adaptation de sa très ferme citation.

Jacques VANDERLINDEN

Raoul (Rudi) DUDAL

(Brugge, 1 mei 1926 – Borchtlombeek, 23 januari 2014)



Op 23 januari 2014 overleed Raoul Dudal, eregeassocieerd lid van de Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen van onze Academie.

Raoul Dudal, beter bekend als Rudi Dudal, werd geboren op 1 mei 1926 in Brugge. Hij behaalde in 1949 het diploma van Landbouwkundig Ingenieur aan de Katholieke Universiteit van Leuven (KU Leuven). Na zijn legerdienst bij de Genietroepen (1949-1950) werd hij Karteringsleider bij het „Centrum voor Bodemkartering” (van het I.W.O.N.L.), afdeling Leuven, belast met bodemonderzoek en kartering van de Belgische Leemstreek. De verworven kennis gebruikte hij voor een studie die leidde tot een doctoraatsdiploma dat hem in 1955 toegekend werd door de Faculteit van de Landbouwwetenschappen van de KU Leuven. Dit opende voor hem de poort naar een vruchtbare internationale carrière bij de *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO), waar hij van 1955 tot 1984 in stijgende lijn verscheidene functies vervulde.

Van 1955 tot 1959 was hij *Soil Survey Officer*, belast met bodemonderzoek, het organiseren van de nationale bodemkartering en het opleiden van wetenschappelijk personeel in Indonesië. In deze periode vervulde hij tevens talrijke zendingen in Zuid-Oost-Azië en Australië. Het laatste jaar van zijn verblijf was hij bovendien buitengewoon hoogleraar voor bodemkunde aan de Faculteit Landbouwwetenschappen van de Universiteit van Indonesië.

Na dit exotisch intermezzo volgde een nieuwe standplaats: Rome, de hoofdzetel van de FAO. In de periode 1959-1961 was hij *Operation Officer* van de afdeling *Land and Water Development* belast met de voorbereiding van en het toezicht op talrijke landbouwwontwikkelingsprojecten in Zuid-Amerika, noordelijk Afrika en Indonesië. Van 1961 tot 1970 werkte hij als *General Correlator* voor de FAO/UNESCO wereldbodemkaart. Dit was een zeer belangrijke opdracht, waarbij de eerste bodemoverzichtskaart van alle werelddelen werd opgesteld en die bovendien resulteerde in een internationaal aanvaarde bodemclassificatie.

Na dit exotisch intermezzo volgde een nieuwe standplaats: Rome, de hoofdzetel van de FAO. In de periode 1959-1961 was hij *Operation Officer* van de afdeling *Land and Water Development* belast met de voorbereiding van en het toezicht op talrijke landbouwwontwikkelingsprojecten in Zuid-Amerika, noordelijk Afrika en Indonesië. Van 1961 tot 1970 werkte hij als *General Correlator* voor de FAO/UNESCO wereldbodemkaart. Dit was een zeer belangrijke opdracht, waarbij de eerste bodemoverzichtskaart van alle werelddelen werd opgesteld en die bovendien resulteerde in een internationaal aanvaarde bodemclassificatie.

Als hoofd van de *Soil Resources Conservation and Development Service* van de FAO was hij van 1970 tot 1975 verantwoordelijk voor het uitvoeren van talrijke projecten van bodembeheer en -gebruik in ontwikkelingslanden. In de laatste fase van zijn FAO carrière, van 1976 tot zijn opruststelling in 1984, was hij Directeur van de belangrijke *Land and Water Development Division*, en zo hoofdverantwoordelijke voor de uitvoering van projecten met betrekking tot irrigatie, waterbeheer, bodemgebruik, bodemvruchtbaarheid, bodemgeschiktheid, bodembescherming, bodemkartering en teledetectie in ontwikkelingslanden.

Sedert 1981 was Rudi Dudal ook buitengewoon docent aan de Faculteit der Landbouwwetenschappen van de KU Leuven, en van 1984 tot 1994 buitengewoon hoogleraar in de Bodemgeografie en Tropische Bodems en Landevaluatie.

Naast zijn carrière bij de FAO vervulde hij belangrijke internationale opdrachten. Zo was hij van 1968 tot 1974 Voorzitter van de Commissie Bodemclassificatie en -kartering van de *International Society of Soil Sciences* (ISSS) en van 1974 tot 1978 Secretaris-Generaal, taak die hij met veel enthousiasme en diplomatie vervulde. Ze bracht hem in contact met de belangrijkste bodemkundige instellingen en personen, en maakte het hem mogelijk, samen met zijn contacten via FAO, een enorm netwerk uit te bouwen.

Tijdens zijn loopbaan ontving Rudi Dudal talrijke eervolle wetenschappelijke onderscheidingen, waaronder een Eredocoraat aan de toenmalige Rijksuniversiteit Gent (1976), een *Honorary Doctor of Science* aan het Cranfield Institute of Technology, Silsoe, UK (1979) en een *Honorary Doctor of Laws* aan de Universiteit van Aberdeen, UK (1982). Bovendien was hij (sedert 1989) lid van de *Norwegian Academy of Sciences and Letters* en erelid van talrijke nationale bodemkundige verenigingen, zoals de *Soil Conservation Service of America* (sedert 1982), de *Association française de la Science du Sol* (sedert 1983) en de *Soil Science Society of America* (sedert 1985). Hij was de eerste bodemkundige aan wie de *Guy Smith Medal* van de *IUSS Division of Soil in Space and Time* uitgereikt werd (op 22 februari 2011). In 1979 werd hij tot geassocieerd lid van onze Academie verkozen en in 1994 werd hij bevorderd tot eregeassocieerd lid.

Weinigen hebben in enkele decennia zoveel bijgedragen tot de bodemkartering en -classificatie als Rudi Dudal. Met de ervaring die hij opdeed in de Belgische bodemkartering, en later in Indonesië, was hij uitstekend geschikt om de leiding te nemen van het grootse FAO-project om een wereldbodemkaart, met bijhorende legende, op te stellen. Voor het realiseren van deze wereldbodemkaart en -classificatie in een periode waarin de „koude oorlog” de uitwisseling van gegevens en standpunten erg bemoeilijkte, was zijn voorzichtige diplomatische manier van onderhandelen van groot belang en bracht hij, zeker in de bodemkunde, Oost en West dicht bij elkaar. Een eenheid maken van de bestaande nationale bodemkaarten, opgenomen op verschillende schalen, soms met verschillende meeteenheden, was een probleem op zich, vooral ook omdat buiten Europa en de VS grote gebieden nooit gekarteerd waren. Een nog groter

probleem was het opstellen van de correlatie tussen de zeer uiteenlopende karteringslegenden, een echt huzarenstukje op zich. Deze correlatie leidde uiteindelijk tot de FAO bodemkaart-legende die al vlug, verkeerdelijk, als een bodemclassificatie gebruikt werd die, naast de gangbare nationale classificaties en de nog in de kinderschoenen staande Amerikaanse *Soil Taxonomy*, haar plaats vond. Deze legende lag aan de basis van de latere ISSS classificatie, uitgewerkt door de Commissie Bodemclassificatie en -kartering waarvan hij voorzitter was, en die op haar beurt de basis vormde van de huidige *World Reference Base* (WRB), waarvoor hij zich trouwens nog sterk inzette toen hij na zijn carrière bij de FAO aan de KU Leuven zijn onderzoek verderzette als secretaris van de *Working Group on International Reference Base for Soil Resources* (1986-1992).

Ondanks de hoge internationale functies die hij bekleedde bleef Rudi Dudal een aangename, eenvoudige en gemakkelijk bereikbare persoon, steeds bereid om anderen te helpen. Hij was bovendien een zeer sociaal persoon die zich goed thuis voelde in gezelschap en bekommerd was om zijn gezin.

Georges STOOPS

BRONNEN

- Anoniem 1976. The Secretary General honoured. — *Bulletin of the International Society of Soil Science*, **49**: 64.
- Archief van de Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen.
- DECKERS, S. 2014. Last honours to Raoul (Rudi) Dudal. — *Bulletin of the International Union of Soil Sciences*, **124**: 44-46.
- SOMBROEK, W. G. 1978. A tribute to Rudy Dudal. — *Bulletin of the International Society of Soil Science*, **54**: 2-3.

Hariharan (Hari) ESWARAN

(Kluang, Malaysia, January 28th, 1941 – Arlington, USA, April 4th, 2014)



Hariharan (named Hari) Eswaran, son of the late E. Hariharan Iyer, was born on January 28th, 1941 in Kluang, Johore, South Malaysia. He had his early education at the Government English School in Kluang. After obtaining the higher school certificate at the English College in Johore Baharu, he enrolled in the Department of Agriculture of the University of Malaya in 1960 and graduated in 1964 with First Class Honours. He stayed for a year and a half as a tutor at the University of Malaya, and then went for further education to the Agricultural University of Wageningen (The Netherlands), where he was awarded a certificate of attendance of an eight-month

course in soil survey. In 1966, he enrolled at the International Training Centre for Post-Graduate Soil Scientists (ITC-Ghent) at the State University of Ghent, where he obtained in 1967 his MSc degree in soil survey (title of dissertation: “A micromorphological study of some soils from West Coast of Peninsular Malaysia”). In 1970 he defended his PhD dissertation “Pedogenesis of Basaltic Soils in Tropical Regions”. As a postdoctoral researcher and supervisor of ITC-students, he stayed at the Geological Institute of the university in the research group of soil science under the direction of the late Prof. R. Tavernier and late Prof. C. Sys. Here he continued his research on pedogenesis in the tropics, using micromorphological and mineralogical technique, resulting in many international publications.

In 1976 he became a visiting professor at the Department of Agronomy of Cornell University (USA) where he closely collaborated with Prof. A. Van Wambeke. He joined the University of Hawaii in 1980, and later in 1984 the USDA-NRCS in Washington DC, as Program Leader of the USAID-funded project “Soil Management Support Service” (SMSS). In this function he managed an international programme of technical assistance in the area of survey, conservation and management of soils. He organized more than forty international training courses in twenty-five countries and was directly involved in management, advising or evaluation of many international agricultural research centres, such as ICRISAT, IBSRAM, IITA, ICARDA, ICRAT, the World Bank, international donors and US

institutes. In view of applying “Soil Taxonomy” (the soil classification developed by USDA) in tropical countries, he established twelve international committees, *e.g.* ICOMOX (on Oxisols), ICOMAND (Andisols), ICOMLAC (low activity clay soils) and ICOMID (Aridisols), and organized throughout the world many international committee meetings (ICOM). During these meetings local experts discussed with specialists from all over the world problems of classification of special soils, providing recommendations that led to a series of updates, including the establishment of two new orders, the Andisols and the Gelisols, and the regular publication of updated issues of “Keys to Soil Taxonomy”, leading in 1999 finally to a new edition of “Soil Taxonomy”. He retired from USDA on June 30th, 2010 and spent the rest of his life in Arlington, VA, USA.

Hariharan Eswaran passed away peacefully on April 14th, 2014 at Arlington. He was cremated according to Hindu rites on April 21st, 2014, according to his wishes.

Throughout his career he travelled to more than a hundred countries working with local soil scientists, and encouraging young scientists and students. As SMSS Program Leader he organized in many developing countries a series of workshops to teach taxonomy and laboratory methods related to soil classification, contributing considerably to a better understanding of soils as natural bodies and their management by the local staff. In this way he stimulated also young scientists and students to get involved in soil research and to organize local soil management and conservation programmes.

Hari Eswaran published more than two hundred journal articles and ten books. In 1988 he was appointed corresponding member of the Royal Academy for Overseas Sciences (Belgium) and was member, honorary member or fellow of several national and international societies. He received several scientific awards, such as the “International Soil Science Award” (Soil Science Society of America, 1991) and the International Union of Soil Scientists (IUSS) “Guy Smith Award” in 2012. He was vice-chairman of Commission V of the ISSS from 1986 until 1990, and chairman from 1990 until 1994.

From the beginning of his studies at ITC-Ghent Hari fell in love with micromorphology. During his stay in Ghent he developed several new approaches, contributing to the development of soil micromorphology, and experimented with the then newly-developed SEM. On the occasion of the many ICOM field meetings, he arranged to have in the group a micromorphologist who prepared detailed descriptions of the profiles visited and discussed them in the field. This contributed greatly to the understanding of the micromorphological characteristics of a number of tropical soils.

Hari Eswaran was a very kind, helpful and open person, gaining in a short time the sympathy of people meeting him. He was gifted to explain complicated subjects in a very didactic way, transferring his enthusiasm soon to his audience. The soil science community has lost one of its great defenders.

Georges STOOPS & Eric VAN RANST

SOURCES

- Anonymous 2010. Hari Eswaran retired from NCSS. — National Cooperative Soil Survey, *Newsletter*, **52**: 13-14.
- Anonymous 2014. Hariharan Eswaran (Age 73). — *The Washington Post* (April 22, 2014).
- Anonymous 2014. *In Memoriam* Hari Eswaran. — *CSA News* (July Issue), p. 32.
Archives of the Royal Academy for Overseas Sciences, Brussels.
- REICHE, P. 2014. *In Memoriam* Dr. Hari Eswaran. — National Cooperative Soil Survey, *Newsletter*, **67**: 15-16.
- STOOPS, G. 2014. *In Memoriam*-Hari Eswaran (1941-2014). — International Union of Soil Science (IUSS), Commission 1.1: Soil Morphology and Micromorphology, *Newsletter*, **14**: 2-3.
- VAN RANST, E. 2011. Dr. Hari Eswaran, world-famous alumnus of ITC-Ghent (MSc in 1967; PhD in 1970) retired on June 30, 2010, after 40 years of service in soil science. — *Pedon*, **22**: 30-31.
- VAN RANST, E. 2013. Dr. Hari Eswaran (alumnus of the ITC-Ghent, MSc in 1967 and PhD in 1970) received the IUSS Guy Smith Award in June 2012. — *Pedon*, **24**: 42-43.

