

Bulletin des Séances Mededelingen der Zittingen

CONTENTS

Scientific Papers

Section of Human Sciences:

B. DESSEIN. — China and the Struggle for Modernity	515
F. NEYT. — The Great Artistic Traditions of Ivory Coast	529
A. VALLARD. — A World Spinning or How Silk is made in Thailand.....	545

Section of Natural and Medical Sciences:

P. MEERTS <i>et al.</i> — Plants, Metallic Pollution and Environment in Katanga (DR Congo): A Human and Scientific Adventure	583
J. C. TAYLOR & C. COCQUYT. — Diatom Research in Southern and Central Africa: Historical Perspectives and Current Activities.....	593
M. VERCAUTEREN <i>et al.</i> — Usefulness of Local Growth Curves in Public Health. The Case of Quito's Children.....	611
W. MARIVOET. — The Congo Puzzle: Evolving Livelihoods and Poverty in the Demo- cratic Republic of Congo (1970-2010) – a Summary	631

Section of Technical Sciences:

P. WILLEMS. — Impact of Climate Variability and Change on Hydrological Extremes	653
--	-----

In memoriam

Michel GRAULICH.....	675
Marthe ENGELBORGHIS-BERTELS.....	679
Charles RENARD	683

61 (4-2015) — BULLETIN ARSOM – MEDEDELINGEN KAOW

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. DESSEIN. — China and the Struggle for Modernity	515
F. NEYT. — Les grandes traditions artistiques de Côte-d'Ivoire.....	529
A. VALLARD. — Le filage d'un monde ou comment se fabrique la soie en Thaïlande	545
<i>Classe des Sciences naturelles et médicales / Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen:</i>	
P. MEERTS <i>et al.</i> — Plants, Metallic Pollution and Environment in Katanga (DR Congo): A Human and Scientific Adventure	583
J. C. TAYLOR & C. COCQUYT. — Diatom Research in Southern and Central Africa: Historical Perspectives and Current Activities.....	593
M. VERCAUTEREN <i>et al.</i> — Utilité des courbes locales de croissance en santé publique. Le cas des enfants de Quito.....	611
W. MARIVOET. — The Congo Puzzle: Evolving Livelihoods and Poverty in the Democratic Republic of Congo (1970-2010) – a Summary	631
<i>Classe des Sciences techniques / Klasse voor Technische Wetenschappen:</i>	
P. WILLEMS. — Impact of Climate Variability and Change on Hydrological Extremes	653
<i>In memoriam</i>	
Michel GRAULICH.....	675
Marthe ENGELBORGHES-BERTELS.....	679
Charles RENARD	683

© 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

China and the Struggle for Modernity*

by

Bart DESSEIN**

KEYWORDS. — Historical Consciousness; Modernity; Confucianism; Nationalism; Marxism-Leninism.

SUMMARY. — This article explains how from the fifteenth century onwards, European and Chinese world views increasingly differed, and how these two worlds came into violent conflict in the middle of the nineteenth century. The article describes how the Chinese age-old Confucian world view did not disappear overnight with the collapse of the empire, but lingered on and informed Chinese endeavours to recreate a unified nation-state, first under nationalist leadership, and later under Marxist-Leninist leadership. It is argued that China's contemporary rise as an economic and political global power has led to a revival of its own indigenous cultural and international political values.

TREFWOORDEN. — Historisch bewustzijn; Moderniteit; Confucianisme; Nationalisme; Marxisme-leninisme.

SAMENVATTING. — *China en de strijd voor moderniteit.* — Dit artikel verklaart hoe, beginnend in de vijftiende eeuw, de Europese en Chinese visies op de wereld in toenemende mate van elkaar gingen verschillen, en hoe deze twee werelden tot een gewelddadig conflict kwamen in het midden van de negentiende eeuw. Er wordt uitgelegd hoe de eeuwenoude Chinese confucianistische wereldvisie niet spontaan verdween met de val van het keizerrijk, maar voortleefde en een bron van inspiratie was bij de pogingen om een eengemaakte natiestaat te creëren — eerst onder nationalistisch en later onder marxistisch-leninistisch leiderschap. Het artikel argumenteert dat de contemporaine opgang van China als economische en politieke wereldmacht geleid heeft tot een herwaardering van de eigen nationale culturele en internationale politieke waarden.

MOTS-CLES. — Conscience historique; Modernité; Confucianisme; Nationalisme; Marxisme-léninisme.

RESUME. — *La Chine et la lutte pour la modernité.* — Cet article explique comment, à partir du XV^e siècle, les visions du monde européenne et chinoise se sont développées de manière de plus en plus divergente et comment ces deux mondes ont connu une confrontation violente au milieu du XIX^e siècle. L'article montre qu'avec la chute de l'empire, la vision du monde confucéenne traditionnelle n'a pas disparu du jour au lendemain mais a continué à être une source d'inspiration en vue de créer un Etat-nation

* Paper presented at the Meeting Day "Young Researchers Overseas" held on 16 December 2014. Text received on 20 February 2015 and submitted to peer review. Final version, approved by the reviewers, received on 26 October 2015.

** Member of the Academy; Faculty of Arts and Philosophy, Ghent University, Blandijnberg 2, B-9000 Ghent (Belgium).

unifié, d'abord sous régime nationaliste et ensuite sous régime marxiste-léniniste. On voit aussi que la montée de la Chine comme puissance mondiale économique et politique a mené à une revalorisation des valeurs culturelles nationales et des valeurs politiques internationales.

What Preceded

From the middle of the fifteenth century, Humanism and Renaissance had brought about a fundamental shift in European thinking, away from Augustinian (354-430) scholasticism and towards scientific development. When this scientific development had revealed that — contrary to Augustinian convictions — time and space were endless, this had paved the way for the period of Enlightenment with an emphasis on the physical world and the world of the senses [1]*. One important consequence of this was that man was seen as a creative actor in history and that personal freedom was understood to be a universal value and the necessary requisite for man to be able to act creatively [2]. The combined transfigurations of Humanism, Renaissance, and the scientific revolution, brought in the age of modern capitalism, whereby the latter was arguably enhanced through the Reformation movement [3].

Such a development did not occur in Confucian China [4]. Confucian China was not characterized by a 'search for truth', as the truth of the words of antiquity stands beyond doubt [5]. Rather, Chinese philosophy is aimed at engaging with the world, the good order of which is dictated by the sages of the past, and consists in bringing the words of these sages into practice. Max Weber therefore characterized Confucian rationality as *Rationalismus der Weltanpassung* [6]. A practical outcome of this attitude was that, in China, the rise of "a rational economy and technology of modern occidental character was simply out of the question" [7]. On an international level, the conviction that the good order of things is dictated by the sages of the past was coined in the concept 'All-under-Heaven' (*tianxia*). MITTAG & MUTSCHLER (2009 [2008], p. 439) characterized this concept as follows:

In the Chinese view, the beginning of human civilization coincides with the emergence of the body politic, i.e. *tianxia*, 'All-under-Heaven'. Thus already the Yellow Emperor is said to have received and 'possessed' (*you*) *tianxia*, followed by the sage emperor Yao, who chose his successor Shun to 'confer' (*shou*) *tianxia* upon him. From Shun, *tianxia* was transmitted to the Great Yu, the founder of the semi-legendary Xia dynasty, and thence down to the Shang and Zhou dynasties. To be sure, the political and cultural elites of early imperial China were well aware that *tianxia* did not yet cover all the known 'world'. But the key point is their overriding conception that from the very beginning there was a 'universal' order which had been established [...] and handed down the ages.

* Numbers in brackets [] refer to the notes, pp. 525-526.

As a logical consequence, the ultimate goal of the true ruler was taken to be the upholding of a unified 'All-under-Heaven' — including 'Chinese' and 'barbarian' parts [8]. This significantly differs from the Romans of the period of expansion, for whom history was a progressive phenomenon, moving towards their domination of the world through expansion [9].

The scientific and technological revolution and the development of modern capitalism made Europe increasingly different from China. When Europe's technological and, hence, economic and military superiority brought the 'old continent' to South Asia, Southeast Asia, and the Far East, their dominance was such that, as regards China, this would lead to violent conflict between the European and Chinese worlds in the middle of the nineteenth century.

China's 'Century of Humiliation'

Especially Britain which was increasingly convinced of the principle and benefits of capitalist free trade saw its commercial development hindered through the 'Cohong' (*gonghang*) system. This was an official Chinese institution that guaranteed the monopoly of Chinese traders and had as its duties to collect taxes and custom fees. This system has also been called 'Canton trade', after the city of Canton (Guangzhou) in southern China, the only Chinese city in which Europeans were allowed to develop commercial activities and that was part and parcel of the so-called 'tributary system' [10]. Dissatisfied with the 'Cohong' trade, Britain had not only started to trade outside of this system, but British traders had also taken the habit of compensating their purchases of Chinese products (especially tea and silk) with the illegal sale of opium, which was cultivated in India. As this had caused a dramatic increase of opium addiction in South China the Chinese government attempted to arrest this problem by forbidding the production and trade of opium in 1800, and in 1813, by making the smoking of opium illegal. These measures only resulted in the East-India Company, an important investor in opium production and trade, continuing its activities illegally. When in 1839 the Chinese authorities had confiscated the opium reserves and British traders were forced to leave Guangzhou, the latter appealed to the British government to send a military expedition to China. British troops sailed to the north and blocked the important harbours of Ningbo and Tianjin. In the negotiations that followed, the British demanded that Hong Kong be ceded to Britain as compensation for the costs of their military expedition. When the Chinese court refused, Britain attacked Guangzhou, blocked the harbour of Shanghai, and set sail on the Yangzi river to Nanjing. This was the beginning of the Opium War (*Yapian zhanzheng*) of 1839-1842 that was concluded with the 'Treaty of Nanjing'. This treaty stipulated that China not only had to hand over Hong Kong to Britain, but also to open five treaty ports for European trade, and to grant European countries extraterritoriality. In the years that

followed, similar treaties were settled with other European countries, Japan, and the United States. This period of Chinese history has become known as the period of the ‘Unequal Treatises’ (*Bu pingdeng tiaoyue*), the beginning of the Chinese ‘century of humiliation’.

When attempts to revive the Chinese imperial system failed, the Qing dynasty’s Manchu government (1644-1911) began to realize that reforms were necessary. In order to catch up with European superiority, they decided to send intellectuals abroad. This brought Lu Xun (1881-1936), a student of medicine in the city of Nanjing, to Japan. In Japan, he became convinced that the priority was not to cure the physical diseases of the Chinese people, but to cure their minds, that is, to modernize them. Upon his return to China he started to write short stories in the vernacular in which he criticized the Confucian state order. His first short story, called ‘A Madman’s Diary’, was published in 1918, not long after the final collapse of the Empire in 1911. The story pictures traditional Chinese society as cannibalistic, a society in which ethics are no more than a façade that is used to uphold the same backwardness. The story meaningfully concludes with an expression of hope and an appeal to the Chinese citizens: “But, maybe, there are children who have not yet eaten other people. Save the children...”

One of the peculiarities of China’s confrontation with Europe was that it not only instigated a movement of profound self-doubt and culture criticism, as is evident from Lu Xun’s writings, but that the 1919 May Fourth Movement — a political protest against the stipulations of the Versailles Treaty that, among others, wanted China to hand over the Province of Shandong to Japan — coupled this cultural doubt with a fierce nationalism. The conviction that the age-old Confucian society needed to be overturned in order to set up a new, strong China to be able to rise from its ashes, was shared by all early 20th century Chinese intellectuals. They did not agree, however, about the political format this new Chinese nation would have to take. For the adherents of so-called ‘radical Confucianism’ (*junxue*), the rescue of China consisted in a return to what they considered to be the ‘essence’ of Chinese civilization [11], that is, the period before the 221 BCE unification of the empire in the Qin dynasty that had been characterized by free debate outside the control of government. Drawing a comparison with Europe, they saw the pre-Qin epoch as the ‘Golden Age’ of Chinese history and the period after the unification as China’s ‘dark age’. In contradistinction to the ‘radical Confucians’, the different nationalist and communist groups shifted their focus away from the traditional identification with the moral aims and values of Chinese ‘culture’. Their endeavour was to create a Chinese nation-state (*guojia*) that would be concomitant with a Chinese ‘national identity’. They perceived this undertaking as the only possible political option if China were to survive, and they believed that this ‘New China’ had to be led by a new class of intellectuals schooled in Western sciences and ideologies [12].

The ambivalence between the age-old acceptance of traditional Confucian concepts as a model and the conviction that the same Confucian concepts had to

be overturned in order to create a modern nation-state, was succinctly described by SCHNEIDER (2012, p. 54). She stated: “At the same time Han Chinese scholars began to think about the validity of their own historical models based on Confucian philosophy like historical atrophy (*lishi tuihua*), a belief in the great achievements of the so-called Golden Age and the general notion that the past could provide a model for present-day politic [continued]”.

It is this ambivalence between a profound belief in the country’s cultural tradition and the hope of reviving this Golden Age on the one hand, and on the other, the conviction that the modern world requires new concepts and recipes, which is at the basis of China’s ‘struggle for modernity’.

‘China as Essence, the West as Function’ (*zhongti xiyong*)

After the imperial Confucian examination system, in accordance with the stipulations of the ‘Boxer Protocol’ of 1901, had been suspended for five years — a measure as retaliation for the collaboration of Chinese gentry in the Boxer Uprising (*Yihetuan*) of 1897-1900 [13] — its final abolition in 1905 had as a practical result that the Confucian reformers who wanted to redress the existing political system — an important figure of whom was Kang Youwei (1858-1927) who wanted to reform China’s political system into a constitutional monarchy with the former emperor as constitutional monarch — lost an important instrument to develop and disseminate their ideas. Their rather moderate stance was soon overshadowed by the more radical nationalist and communist alternatives.

Contrary to the generally accepted supposition that the Chinese nationalist and communist endeavours to create a unified nation-state on the territory of the former Qing dynasty meant a fundamental rupture with the country’s Confucian culturalism [14], however, it can equally be argued that the establishment of the Chinese Republic in 1911 and of the People’s Republic in 1949 have infused the traditional Confucian concept ‘All-under-Heaven’ with a new homeland and a new international meaning.

An important element in this respect is that China’s humiliation in its confrontation with the West occurred under a Manchu government that had given a large degree of autonomy to the non-Han domains of its territory. This had as a practical consequence that the nation-state that the Chinese intellectuals envisioned as heir of an imagined ‘Golden Age’ in which Chinese territory had been unified under a central Han leadership was increasingly defined in narrow Han ethnic terms [15]. While the ‘radical Confucians’, for example, claimed that authoritarianism and centralization of imperial power, which had been installed with the unification of the Empire in 221 BCE, had been accelerated due to the domination of foreign ethnic groups, such as the Mongols and the Manchus, and therefore reinterpreted the Confucian classics to challenge the legitimacy of the Manchu government [16], Sun Zhongshan’s (Sun Yat-sen) (1866-1925) claim

that ‘statism’ (*guozu*) and ethnicity (*minzu*) are synonymous is reminiscent of the traditional Han Confucian political concept of ‘All-under-Heaven,’ that is, the idea that the Han people have the divine task to rule over what we now know as ‘China’. The identification of ‘nation’ and ‘ethnicity’ is also evident in the writings of Liang Qichao (1873-1929) who claimed that creating a new nation-state was “like the casting of coins: one does not only use pure gold and silver, but also mixes and adds one or two cheap metals” [17]. Liang Qichao was herein clearly inspired by the Swiss political thinker, Johann Kaspar Bluntschli (1808-1881), according to whom the creation of a nation-state should not mean that “several equally powerful peoples live next to and with each other in One State”, but that “One People (*Eine Nation*) should take a superior position among them” [18]. The necessity to create a large unified nation-state was also inspired by Georg Wilhelm Friedrich Hegel (1770-1831). Hegel was also of the opinion that a nation can only fulfill its ‘historical mission’ when it can establish a stable state, which, according to him, means that ‘non-civilized’ people — read: the non-Han people living in the historical territory of the last imperial dynasty — have no history because they have shown themselves unable to establish an independent state. In line with Bluntschli who had claimed that a nationalization can only be successful where “the ruling people are clearly superior to the other in development, mentality and power” [19], Liang Qichao thus appears to have regarded the Han as destined to be the guides for all people around them and lead them to the nation-state.

With the distinction he made between ‘small nationalism’ (*xiao minzu zhuyi*) and ‘great nationalism’ (*da minzu zhuyi*), and his claim that it is ‘great nationalism’ that is to be supported, Liang Qichao brought an international dimension to ‘nationalist’ Chinese politics. While ‘small nationalism’ refers to the sentiment of the Han people towards other ethnicities within the borders of the former Qing empire (*guonei*), ‘great nationalism’ refers to the sentiments of all people towards all people outside the borders of the former Qing empire (*guowai*) [20]. He here also introduced the concept of China’s ‘assimilative power’ (*Zhongguo tonghuali*), i.e. the ‘power’ of superior ethnicities (*in casu* the Han) to “swallow inferior weak ethnicities and wipe their frontiers” [21]. This political ideal, ironically, conforms to the concept of an ‘ancestral state’ as defined by YU (2005, p. 146) who claimed that an ancestral state, “in its demand for total and unconditional submission exists to make the people one (*yi min*) by erasing all differences — whether ethnic, cultural, political, or linguistic”.

The Nationalist Party’s failure to resist foreign dominance in the historical events of the first half of the 20th century raised support among different social groups of Chinese society for the Chinese Communist Party (CCP), established in Shanghai in 1921 from within the May Fourth Movement. Also the establishment of the People’s Republic of China (PRC) and of the CCP government as heir of imperial rulership in October 1949 was arguably not the fundamental rupture with traditional Confucianism it is generally accepted to be.

Also Marxism-Leninism gave the traditional Confucian concept ‘All-under-Heaven’ a new homeland and a new international meaning. This may be evident from Mao Zedong’s (1893-1976) article “On the people’s democratic dictatorship,” published in June 1949, a few months before he proclaimed the establishment of the PRC from Tian’anmen — the place also Chinese emperors had used to announce major political decisions. In this article, he alluded to the leading role of the CCP in its historical mission of modernizing the Chinese peasants and workers:

[U]nder the leadership of the working class and the Communist Party, from an agricultural into an industrial country, and from a new-democratic into a socialist and communist society, abolish classes and realize the Great Harmony (*datong*)” [22].

That the term ‘Great Harmony’ refers to the ideal Confucian state as described in the 7th chapter of the Han dynasty (206 BCE-220 CE) Confucian classic *Liji* may not come as a surprise, no more than Mao’s appeal to Western examples to create his classless society. Karl Marx (1818-1883) commented on the situation of French peasants in the middle of the 19th century as follows:

The small peasants form a vast mass, the members of which live in similar conditions, but without entering into manifold relations with one another. Their mode of production isolates them from one another, instead of bringing them into mutual intercourse. The isolation is increased by France’s bad means of communication and by the poverty of the peasants. Their field of production, the small holding, admits of no division of labor in its cultivation, no application of science and, therefore, no multiplicity of development, no diversity of talents, no wealth of social relationships. Each individual peasant family is almost self-sufficient; it itself directly produces the major part of its consumption and thus acquires its means of life more through exchange with nature than in intercourse with society. The small holding, the peasant and his family; alongside them another small holding, another peasant and another family. A few score of these make up a village, and a few score of villages make up a Department. In this way, the great mass of the French nation is formed by simple addition of homologues magnitudes, much as potatoes in a sack form a sackful of potatoes. In so far as millions of families live under economic conditions of existence that divide their mode of life, their interests and their culture from those of the other classes, and put them in hostile contrast to the latter, they form a class. In so far as there is merely a local interconnection among these small peasants, and the identity of their interests begets no unity, no national union and no political organization, they do not form a class. They are consequently incapable of enforcing their class interest in their own name, whether through a parliament or through a convention. They cannot represent themselves, they must be represented. Their representative must at the same time appear as their master, as an authority over them, as an unlimited governmental power that protects them against the other classes and sends them the rain and the sunshine from above. The political influence of the small peasants, therefore, finds its final expression

in the executive power subordinating society to itself. Historical tradition gave rise to the faith of the French peasants in the miracle that a man named Napoleon would bring all the glory back to them (MARX & ENGELS 1978 [1852], p. 608).

This situation was very similar to early 20th century China. Confucian China too had created different subcultures in society, each forming a separate ‘epistemic community’, articulated in terms of a uniform Confucian state ideology and a variety of popular cultures, each of them with its own sentiments of solidarity [23]. It thus was a question for Mao Zedong and the early communist leaders to find a way to mobilize these communities so as to create a Marxist-Leninist nation-state.

For the CCP government, the class struggle could at once unite the peasants against their former overlords, and solve the apparently insolvable difficulty of unifying the Han and non-Han living on the territory of the former Qing empire into one nation-state. As the class struggle does not highlight the differences between the various ethnic groups, but the class difference within each of these groups, it was seen as the instrument to unite all groups in a classless nation-state. It can, in this respect, be remarked that the fact that the CCP was (and still is) an above all Han-dominated organization, gives the party’s vocation to be the vanguard that assists the Han and non-Han alike to realize their own liberation within a reunited classless nation-state a flavour of patronism. Put differently, the degree to which the PRC becomes a modern nation-state depends on the CCP’s ‘universalizing’ success to bring all its citizens to the level of development of the Han.

On an international level, further, the choice for Marxism-Leninism made China part of the communist world. This can be seen in Zhou Enlai’s claim that “socialist patriotism is not a narrow nationalism, but a patriotism aimed to strengthen national pride under the guidance of internationalism” [24] — a claim that reminds of Liang Qichao’s differentiation between ‘small nationalism’ and ‘great nationalism’ mentioned above. That China regarded the Soviet Union as a competitor in its leadership of the communist world is clear from Mao Zedong’s proposition to create a Chinese version of socialist internationalism after the country’s break with the Soviet Union in 1959, as well as from the country’s attempt to formulate its own ‘world policies’ aimed at isolating both the United States and the Soviet Union and its allies through establishing a united front of all anti-imperialist powers, starting in 1963 [25].

Confucian Essence Revisited

China’s economic development since the beginning of the period of “reform and opening up” (*gaige kaifang*), introduced by Deng Xiaoping (1904-1993) in the late 1970s, has led to an unprecedented economic growth of one single country in such a short time span. Economic and financial crises in 21st century

Europe and the United States have further enhanced China's global economic power and increasingly also its political power. That 'China's rejuvenation' (*faxing*) has become an important concept in contemporary Chinese political rhetoric hereby illustrates the country's regained self-confidence [26].

On an international level, a Chinese developmental pattern has been coined 'China model' (*Zhongguo moshi*) after it had been referred to as the 'Beijing Consensus' (*Beijing gongshi*) by Joshua Cooper Ramo — a term that clearly places China's developmental model in contrast to the so-called 'Washington consensus' of democracy and free-market capitalism [27]. The 'China model' of development, which is characterized by a blend of authoritarian politics and a mixed state/market economic development [28], is increasingly being perceived as an alternative way to economic development by other developing countries in Africa and Latin America, that is, in 'All-under-Heaven'.

Just as the international dimension of the traditional 'All-under-Heaven' concept can be seen as a function of its homeland dimension, also the concept 'China model' might primarily have to do with a homeland political agenda. Apart from fabulous growth figures, China's economic development has also led to a growing wealth gap and to increased ethnic tensions, the latter partly due to the fact that the ethnic minorities mostly live in the economically disadvantaged regions in the west and southwest of the country. As a result, both the CCP's communist ideology and its historical claim to be the guardian of national unity have become questionable. Just as the crisis of the transition period from the empire to the republic inspired some intellectuals to redefine Confucianism, while others ventured on the alternative roads of nationalism and Marxism-Leninism, the contemporary ideological crisis equally translates in (at least) two strains of thought. Social disparity and diminished national cohesion have strengthened the position of the so-called New Left thinkers who argue that China's policies of "reform and opening up" have caused China's loss of socialist integrity [29], have corroded its culture with negative foreign influences, and have compromised China's sovereignty and autonomy in world affairs. In the field of international politics, this stance is echoed by the so-called nativists, a group of populists, nationalists, and Marxists "who distrust the outside world, seek international autonomy, and view international multilateral involvement as 'traps' (laid by the West) to ensnare and embroil China in costly commitments overseas" [30].

Alleviating social inequality, however, requires further economic growth and, hence, a further integration into the world economic system. In circumstances in which, as mentioned previously the CCP's identification with Marxism-Leninism is increasingly questionable, the CCP has turned to a 'Chinese' nationalist and patriotic stance in her answers to social and ethnic unrest, a rhetoric that has increasingly been supplemented with a revaluation of Confucianism. While the CCP can thus remain "at the centre of official accounts of the nation's achievements and continue to be the focus of nationalist sentiment" [31], this renewed

state-sponsored attention for Confucian values has given a new feeling of ‘sense’ for many Chinese citizens [32]. Indeed, in an increasingly globalized world and its concomitant search for national identity, traditional cultural values have become defined as an essential part of Chinese identity and, although Confucius was condemned as a reactionary enemy in the not too far past, he is now increasingly embraced by the CCP [33].

In circumstances in which China is increasingly becoming a global power, Tu (1989) interprets the contemporary Confucian revival as a search for cultural roots and thus as a spontaneous event, ‘religion’ being a powerful identity marker [34]. However, in a context in which it can rightfully be asked how precise the population’s knowledge of Confucianism actually is — it may also be argued that apart from some traditional family values, Confucianism has lost its ability to really rally the Chinese population, and Chinese people may have respect for the past, but they equally long for the future [35] — the contemporary revaluation of Confucianism may equally well be explained as an orchestrated attempt to return to ‘national essence’ now that China’s regained position in the world is bolstering feelings of national identity.

In the conviction that, “as always, the history of the past inevitably continues to be the history of the present” [36], and that “historiography is a form of symbolical representation of the world, helping us to understand it by (re-)constructing it” [37], the words of Mao Zedong of 1959 appear to have a contemporary value:

[T]here are some things which need not have any national style, such as trains, airplanes and big guns. Politics and art should have a national style [38].

Conclusion

In retrospect: On the occasion of the 20th anniversary of the end of the Sino-Japanese war, and on the eve of the Great Proletarian Cultural Revolution, Lin Biao, in 1965, stated that when North America and Western Europe could be seen as ‘cities of the world’, then Asia, Africa and Latin America could be seen as the ‘countryside of the world’; and that, while the revolutionary movement in the North-American and Western-European capitalist countries had been stopped for all kinds of reasons, the revolutionary movement of the peoples of Asia, Africa and Latin America had developed strongly. This, so he claimed, was to be compared to the Chinese revolutionary movement of “encircling the cities from the countryside” [39].

Against the background of their colonial pasts, recurring crises in the Western world in the first decade of the 21st century, and their own internal political constraints, China is now seen as the ‘model to be followed’ by an increasing number of developing countries. In the current global situation, the countryside may indeed have started to encircle the cities.

It may be evident from the previous that China's struggle for modernity is also our struggle to come to terms with our historical heritage. Identity, historical consciousness and modernity shape us all.

NOTES

- [1] For reflections on the relation between the physical and the divine in this early period of 'scientific thinking', see GOLLER & MITTAG 2008, p. 38.
- [2] See CASIRER 1987, p. 46.
- [3] WEBER (1951, p. 277) argued that Protestantism advocated that trust in men could endanger the soul, and as such provided the individual with a direct access to God. This is then supposed to have cast off the restraint of family bonds and to have given the individual the possibility to strive for personal wealth. REDDING (1997, p. 62): "The lack of an ultimate authority, such as supra-mundane God, leaves the individual without grounds for supporting as a separate person a sacred 'cause' or a universally applicable principle, such as Christian charity, and replaces them with piety towards specific people, especially those in close related proximity".
- [4] See NEEDHAM 1969, p. 117; 1974, pp. 280-281.
- [5] See BAUER 2006, p. 17.
- [6] WEBER 1951, pp. 152-154.
- [7] WEBER 1951, p. 277. This is in line with the findings of BELLAH (1965, p. 193), who, investigating the relation between Asian religions and economic progress, noted that the focus on family cult of Confucianism, its stress on social conformity, and its absence of a transcendent goal are instrumental for perpetuating the *status quo* and provide no leverage for change. Also the other two major Chinese philosophies, Daoism and Buddhism, discount the practical world as a sphere for valid endeavour, thus retarding social change and material progress.
- [8] See PINES 2009 [2008], p. 81.
- [9] See MITTAG & MUTSCHLER 2009 [2008], p. 440.
- [10] Our understanding of the 'tributary system' mainly goes back to the work of John Fairbank. See FAIRBANK & TENG 1941; FAIRBANK 1942, 1968. It is noteworthy, however, that there is no Chinese equivalent for the term 'tributary system'. This alludes to the fact that the term derives from a European conceptualization of the Chinese political and economic system. A more nuanced vision was given by SMITH (2013) who claimed that "the Qing emperors, like their predecessors for hundreds of years, developed a wide variety of institutions and practices for 'managing' foreigners that had little if anything to do with the formal features of the tribute system. SONG (2012, p. 167) preferred the term *zongfan*, or 'hierarchy system,' to 'tributary system' as the system is far more than an interstate system; it was "a complex, multilevel power nexus composed of interconnections among multiple political, economic, ideological, and science and technological cores and peripheries".
- [11] On 'state Confucianism' (*guoxue*), the Confucianism that is used by the government to legitimize its rule and perpetuate its domination, as opposed to 'radical Confucianism' (*junxue*), a moral learning that is critical of political and social injustice, see HON 2014, p. 31.
- [12] See DESSEIN 2014, p. 2.

- [13] See EBREY 2006, p. 230. This at first anti-dynastic movement was turned to an anti-Western movement under the slogan ‘Support the Qing, destroy the foreigners’ (*Fu Qing mie yang*). It was suppressed by an international coalition.
- [14] See LEVENSON 1964.
- [15] See DESSEIN 2012 and CALLAHAN 2012 [2010], pp.134-135.
- [16] For examples of this contempt for non-Chinese rule, see DESSEIN 2016.
- [17] LIANG 1983 [1903], p. 73.
- [18] BLUNTSCHLI 1874, p. 41. Concerning Liang Qichao’s struggle to define a Chinese identity, see LEIBOLD 2012, pp. 214-217.
- [19] BLUNTSCHLI 1965 [1886], vol. 1, p. 109.
- [20] LIANG 1983 [1903], p. 75.
- [21] LIANG 1983 [1902], p. 11.
- [22] MAO 1961, pp. 418-419. See also SCHRAM 2002, pp. 411-412.
- [23] See WEBER 1978, pp. 40-41. See also THOMPSON 1986, pp. 113-114.
- [24] Quoted through CHEN 2005, p. 41.
- [25] See NATH 1975, pp. 259-268. It is also not difficult to see in China’s contemporary growing presence in Africa and Latin America the revival of this idea.
- [26] For the importance of cultivating ‘China’s humiliation’ in this process of ‘rejuvenation’, see CALLAHAN 2012 [2010], pp. 31-89.
- [27] RAMO 2004.
- [28] See SHAMBAUGH 2013, pp. 214-215.
- [29] It can be mentioned here that, in their eyes, China has become the leader of the socialist world after the implosion of the Soviet Union. See also note [25].
- [30] SHAMBAUGH 2013, p. 27.
- [31] SECKINGTON 2005, p. 32.
- [32] In a context of a failing communism, KINNVALL 2004 (pp. 759, 744) remarked that “once a society becomes secularized, in the sense that people become more aware of the fact that they live in an increasingly desacralized world, they tend to resist this change by searching for ideologies linked to faiths that can help in negating the world they live in” and “going back to an imagined past by using reconstructed symbols and cultural reference points is [...] an attempt to recreate a lost sense of security”.
- [33] It can further be noted that the embrace of Confucianism on an official level is complemented with a return to traditional popular cults on a popular level.
- [34] See KINNVALL 2004, p. 741.
- [35] See NELSON 2000, p. 227.
- [36] SCHWARTZ 1985, p. 1.
- [37] MITTAG & MUTSCHLER 2009 [2008], p. 434.
- [38] See SCHRAM 2002, p. 437. BELL (2006, p. 241) compared the rural land reform launched by Deng Xiaoping in 1978 with Mencius’s economic ideals.
- [39] See NATH 1975, pp. 269-274.

REFERENCES

- BAUER, W. 2006. *Geschichte der chinesischen Philosophie*. — München, Verlag C. H. Beck.
- BELL, D. A. 2006. *Beyond Liberal Democracy. Political Thinking for an Asian Context*. — Princeton, Princeton University Press.
- BELLAH, R. N. 1965. *Religion and Progress in Modern Asia*. — New York, The Free Press.

- BLUNTSCHLI, J. K. 1874. Deutsche Staatslehre für Gebildete. — Nördlingen, C. H. Beck.
- BLUNTSCHLI, J. K. 1965 [1886]. Lehre vom modernen Staat. — Aalen, Scientia Verlag (2 vols.).
- CALLAHAN, W. A. 2012 [2010]. China: The pessoptimist nation. — Oxford, Oxford University Press
- CASIRER, E. 1927. Individuum und Kosmos in der Philosophie der Renaissance. — Leipzig and Berlin, B. G. Teubner, Studien der Bibliothek Warburg Herausgegeben von Fritz Saxl.
- Chen, Z. 2005. Nationalism, Internationalism and Chinese Foreign Policy. — *Journal of Contemporary China*, **14** (42): 35-53.
- DESSEIN, B. 2012. Nieuw confucianisme en het 'Mandaat van de Hemel'. — *Mededelingen der Zittingen Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen / Bulletin des Séances Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer*, **58** (2-4): 261-278.
- DESSEIN, B. 2014. All under Heaven and the Chinese Nation-state. — In: DESSEIN, B. (Ed.), *Interpreting China as a Regional and Global Power. Nationalism and Historical Consciousness in World Politics. Politics and Development of Contemporary China*. London, Palgrave, pp. 64-79.
- DESSEIN, B. 2016. Historical Narrative, Remembrance, and the Ordering of the World: A Historical Assessment of China's International Relations. — In: HARNISCH, S., BERSICK, S. & GOTTWALD, J. (Eds.), *China's International Roles: Challenging or Supporting International Order*. New York, Routledge, pp. 22-37.
- EBREY, P. B. 2006. China. A Cultural, Social, and Political History. — Boston, Wadsworth.
- FAIRBANK, J. 1942. Tributary Trade and China's Relations with the West. — *Far Eastern Quarterly*, **1** (2): 129-149.
- FAIRBANK, J. (Ed.) 1968. The Chinese World Order: Traditional China's Foreign Relations. — Cambridge, Harvard University Press.
- FAIRBANK, J. & TENG, S. 1941. On the Ch'ing Tributary System. — *Harvard Journal of Asiatic Studies*, **6** (2): 135-246.
- GOLLER, T. & MITTAG, A. 2008. Geschichtsdenken in Europa und China. Selbstdeutung und Deutung des Fremden in historischen Kontexten. — Sankt Augustin, Academia.
- HON, T. 2014. Radical Confucianism: The Critique of Imperial Orthodoxy in *Guocui xuebao* (1905-1911). — In: DESSEIN, B. (Ed.), *Interpreting China as a Regional and Global Power. Nationalism and Historical Consciousness in World Politics. Politics and Development of Contemporary China*. London, Palgrave, pp. 30-43.
- KINNVALL, C. 2004. Globalization and Religious Nationalism: Self, Identity, and the Search for Ontological Security. — *Political Psychology*, **25** (5): 741-767.
- LEIBOLD, J. 2012. Searching for Han. Early Twentieth-Century Narratives of Chinese Origins and Development. — In: LEIBOLD, J., GROS, S. & MULLANEY, T. S. (Eds.), *Critical Han studies: The history, representation, and identity of China's majority*. Berkeley, University of California Press, pp. 210-233.
- LEVENSON, J. R. 1964. Modern China and its Confucian Past: The Problem of Intellectual Continuity. — Berkeley, University of California Press.
- LIANG, Q. 1983 [1902]. Lun minzu jingzheng zhi dashi (Discussion on the Great Cause of the Struggle between Nations). — *Yinbingshi heji* (Collection of the Storehouse for Drinks), *Wenji*, **10**: 10-35.
- LIANG, Q. 1983 [1903]. Zhengzhixue dajia Bolunzhili zhi xueshuo (The Theory of Bluntschli's Understanding of Politics). — *Yinbingshi heji* (Collection of the Storehouse for Drinks), *Wenji*, **13**: 67-89.

- MAO, Z. 1961. Selected Works of Mao Tse-tung. — Beijing, Foreign Languages Press, Vol. 4.
- Mao Zedong sixiangwansui! 1967. — Beijing, n.p.
- MARX, K. & ENGELS, F. 1978 [1852]. The Marx-Engels Readers. — London and New York, W. W. Norton.
- MITTAG, A. & MUTSCHLER, F. 2009 [2008]. Epilogue. — *In*: MUTSCHLER, F. & MITTAG, A. (Eds.), *Conceiving the Empire. China and Rome Compared*. Oxford, Oxford University Press, pp. 421-447.
- NATH, M. 1975. Die Aussenpolitik der VR China: Talleyrand Redivivus? — *In*: DOMES, J. (Ed.), *China nach der Kulturrevolution*. München, Wilhelm Fink Verlag, pp. 259-331.
- NEEDHAM, J. 1969. Within the Four Seas. The Dialogue of East and West. — London, George Allen and Unwin.
- NEEDHAM, J. 1974. La tradition scientifique chinoise. — Paris, Hermann.
- NELSON, H. 2000. The future of the Chinese state. — *In*: SHAMBAUGH, D. (Ed.), *The Modern Chinese State*. Cambridge, Cambridge University Press, pp. 216-236.
- PINES, J. 2009 [2008]. Imagining the Empire? Concepts of 'Primeval Unity' in Pre-imperial Historiographic Tradition. — *In*: MUTSCHLER, F. & MITTAG, A. (Eds.), *Conceiving the Empire. China and Rome Compared*. Oxford, Oxford University Press, pp. 67-89.
- RAMO, J. C. 2004. The Beijing Consensus. — London, Foreign Policy Centre.
- REDDING, G. S. 1997. The Spirit of Chinese Capitalism. — Berlin and New York, Walter de Gruyter.
- SCHNEIDER, J. 2012. Ethnicity and Sinicization. The Theory of Assimilative Power in the Making of the Chinese Nation-State (1900s-1920s). — Gent/Göttingen, PhD dissertation (unpublished).
- SCHRAM, S. 2002. Mao Tse-Tung's Thought from 1949-1976. — *In*: GOLDMAN, M. & LEE, L. O. (Eds.), *An Intellectual History of Modern China*. Cambridge, Cambridge University Press.
- SCHWARTZ, B. 1985. The World of Thought in Ancient China. — Cambridge, Harvard University Press.
- SECKINGTON, I. 2005. Nationalism, Ideology and China's 'Fourth Generation' Leadership. — *Journal of Contemporary China*, **14** (42): 23-33.
- SHAMBAUGH, D. 2013. China Goes Global. The Partial Power. — Oxford, Oxford University Press.
- SMITH, R. J. 2013. Mapping China and the Question of a China-Centered Tributary System. — *The Asia-Pacific Journal*, **11** (3) — http://www.japanfocus.org/-Richard_j_Smith/3888.
- SONG, N. 2012. 'Tributary' from a multilateral and multilayered perspective. — *The Chinese Journal of International Politics*, **5**: 155-182.
- THOMPSON, K. 1986. Beliefs and Ideology. — Chichester, Ellis Horwood.
- TU, W. 1989. Centrality and Commonality: An Essay on Confucian Religiousness. — Albany, State University of New York Press.
- WEBER, M. 1951. The Religion of China. — Glencoe, The Free Press.
- WEBER, M. 1978. Economy and Society. — *In*: ROTH, G. & WITTICH, C. (Eds.), *Berkeley and Los Angeles CA, UCLA Press*.
- YU, A. C. 2005. State and Religion in China. Historical and Textual Perspectives. — Chicago and La Salle, Open Court.

Les grandes traditions artistiques de Côte-d'Ivoire*

par

François NEYT**

MOTS-CLES. — Côte-d'Ivoire; Art; Culture; Histoire.

RESUME. — Présentation d'un parcours initiatique des signes sculptés les plus significatifs de la Côte-d'Ivoire: à l'ouest, les sculptures des Krou, des Grébo, des Wé, des Dan et des groupes mandé du nord-ouest. Au nord, la production des Sénoufo, des Djimini et des Lobi s'inscrit dans des réseaux économiques qui ont engendré des déplacements de population et des mutations culturelles. En effet, dès le XI^e siècle, des voies commerciales se sont développées du delta intérieur du Niger (Djenné au Mali) vers le sud (jusqu'à la ville de Kong) et se sont orientées vers l'est (mines d'or de Garoua, Ghana, Nigeria).

Les Yohouré et les Baoulé, au centre de la Côte-d'Ivoire, font partie d'un rameau de populations connues sous la dénomination d'Akan. Ils ont produit un art exceptionnel qui a influencé les arts occidentaux du début du XX^e siècle. Il importe enfin de souligner, sur la frange orientale, le développement d'autres groupes: les bronzes koulango, les statues des Abron, des Agni, des peuples lagunaires et des Akan du Ghana. Ces signes sculptés dans le bois, façonnés dans des terres cuites ou fondus dans l'or, sont des repères historiques inestimables du patrimoine de la Côte-d'Ivoire qui se conjuguent aujourd'hui encore sur le plan culturel et national.

TREFWOORDEN. — Ivoorkust; Kunst; Cultuur; Geschiedenis.

SAMENVATTING. — *De grote artistieke tradities van Ivoorkust.* — Voorstelling van een initiatie-omloop van de meest merkwaardige beeldhouwde zinnebeelden uit Ivoorkust: ten westen, de beelden van de Krou, Grebo, Wé, Dan en eveneens de Mandévolksgroepen van het noordwesten. Ten noorden hebben wij de producties van de Senoufo, de Djimini en de Lobi. Deze beelden zijn gevat in een vlechtwerk van economische betrekkingen die volksmigraties en culturele mutaties met zich meebrachten. Reeds vanaf de 11de eeuw ontwikkelden zich handelsroutes vanaf het centrum van de Nigerdelta (Djenné in Mali) naar het zuiden toe (tot de stad Kong) om zich vervolgens naar het oosten te richten (goudmijnen van Garoua, Ghana en Nigeria).

De Yohouré en Baoulé, in het centrum van Ivoorkust, zijn leden van een volkstak bekend onder de naam Akan. Hun kunst is zo uitzonderlijk dat ze de westerse kunsten van het begin van de 20ste eeuw beïnvloedde. Nog andere volksgroepen hebben zich in de oostelijke rand ontwikkeld: de Koulango bronzen, de beeldenkunst van de Abron, de

* Communication, d'après l'ouvrage «Trésors de Côte d'Ivoire» (Bruxelles, Fonds Mercator, 2014, 365 pp.), présentée à la séance de la Classe des Sciences humaines tenue le 12 mai 2015. Texte reçu le 5 août 2015, soumis à *peer-review*. Version définitive, approuvée par les *reviewers*, reçue le 13 février 2016.

** Membre de l'Académie.

Agni, de kunst van de volkeren van de moerasstreken en de Akan uit Ghana. Deze tekens van bewerkt hout, aardewerk en afgietsels van goud zijn onschatbare historische mijlpalen van het patrimonium van Ivoorkust die we tot op heden nog terugvinden op cultureel en nationaal vlak.

*

* *

Il est un pays de rêve où la beauté s'est épanouie entre mer et lagune, se couvrant du rythme de l'écume aux reflets d'or et du silence des eaux tranquilles. Elle se revêt du manteau de la forêt primitive où, dans ce creuset mystérieux, elle accumule des énergies redoutables et les métamorphose en des signes sculptés fascinants et inconnus. Elle atteint sa maturité dans les savanes arborées que l'histoire a marquées de son sceau, accueillant des techniques et des signes venus des quatre coins de l'horizon. Les arts de Côte-d'Ivoire célèbrent dans leur production la beauté et chantent l'infini. Ces sculptures empreintes de force et de mystère s'inscrivent dans une vision historique et mondiale.

Terre de contraste, le pays compte plus de vingt-deux millions d'habitants répartis sur 322 000 km², l'équivalent de l'Italie ou de l'Allemagne. Plus de soixante ethnies s'y découvrent avec leurs traditions propres. Autrefois «terre d'Eburnie», elle doit son nom aux nombreux éléphants qui peuplaient son territoire. Tour à tour colonisée par les Portugais au XV^e siècle, puis par les Français, elle acquiert sa véritable indépendance en 1960. En mai 2011, Alassane Ouattara, démocratiquement élu, en devient le président avec la volonté de rassembler toute la nation tournée vers l'avenir. Le parcours global de la production artistique des peuples de Côte-d'Ivoire est ponctué par la présentation de quelques sculptures significatives (fig. 1).

A l'embouchure du fleuve Cavally vivent les Krou et les Grébo du côté du Liberia. La créativité de leurs masques taillés en méplat anticipe la vision d'un Braque ou d'un Picasso. Leurs formes épousent un grand dépouillement. Seuls les disques oculaires, l'arête nasale et le plan buccal sont en relief. Quelques traces de kaolin peuvent subsister. Leur fonction est d'écarter les esprits manceurs d'âme et de se protéger contre les forces occultes.

Les masques krou/grébo dansaient sur le littoral le long du golfe de Guinée, de Sassandra à Monrovia, et même jusqu'au Cameroun comme le montre cette gravure de 1850 publiée dans le livre de Zöller [1]* en 1885 (fig. 2). Ce sont des esprits protecteurs, habillés de fibres. Les Krou, travailleurs réputés, étaient recrutés comme hommes d'équipage et sillonnaient les côtes de l'Afrique de l'Ouest. On les appelait les «krewmen».

* Les chiffres entre crochets [] renvoient aux notes et références, p. 543.

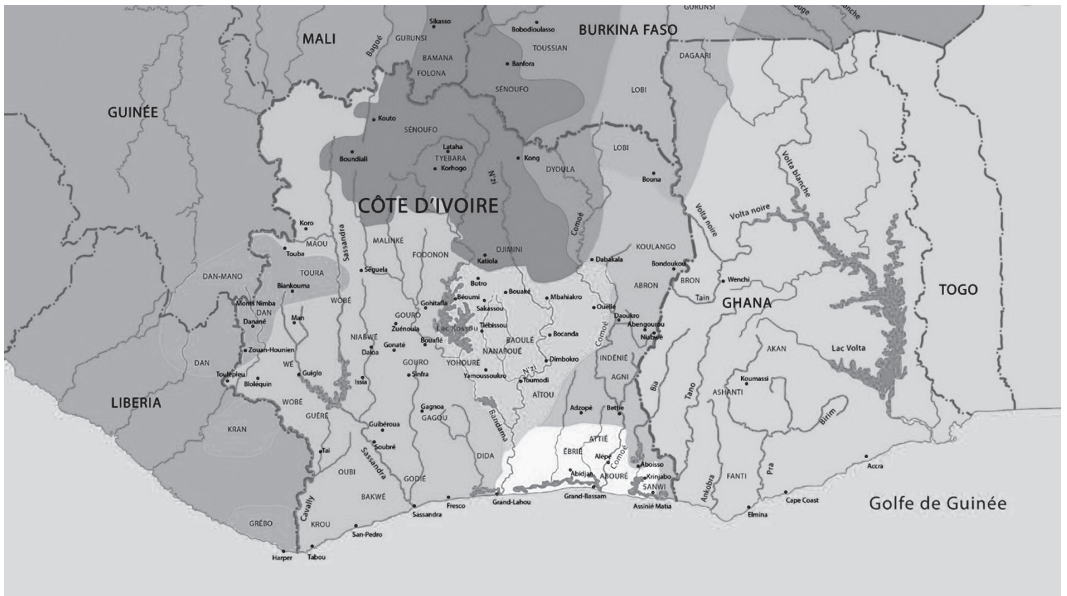


Fig. 1. — Carte géographique des groupes culturels de Côte-d'Ivoire.



Fig. 2. — Parade des Krou sur le littoral camerounais (illustration de Brend'amour dans Zöller, t. 2, 1885).

L'imaginaire du sculpteur oubi (vivant au sud de la ville de Taï) s'est focalisé sur des cornes puissantes et stylisées couvrant un visage en méplat: deux cornes frontales repliées vers le centre du front, deux paires d'oreilles animales, cinq ou six cornes tournées vers le centre du visage. Le visage lui-même est taillé en méplat; les yeux sont ajourés, en amande, et d'autres sont tubulaires. Sachets d'ingrédients magiques, cauris, collier de fibres végétales et poils complètent l'énergie agressive ou défensive qui émane de l'ensemble. Les cornes repliées rappellent la tarentule, cette grosse araignée velue dont la piqûre est mortelle. Le masque acquiert ainsi une dimension d'invincibilité (fig. 3).



Fig. 3. — Masque anthro-zoomorphe oubi/wé, Côte-d'Ivoire, 32 cm, bois, pigments, cauris, fibres végétales, coton (coll. part.).

Le masque de guerre tee gla des Wé surprend par les formes exubérantes du front et les yeux lenticulaires, prenant la forme d'un bivalve entrouvert. Les éléments importants se projettent vers l'avant: arête nasale et plan buccal massif, petites joues triangulaires; l'expressivité est totale (fig. 4A). Les Wé habitent entre le Cavally et le Sassandra. A côté (fig. 4B), un fabuleux masque guéré/wé ovoïde souligne l'importance du regard, de la parole et de l'ouïe. Une corolle de clochettes fait retentir la voix des ancêtres. Ces masques-musiciens expriment une beauté toute féminine.

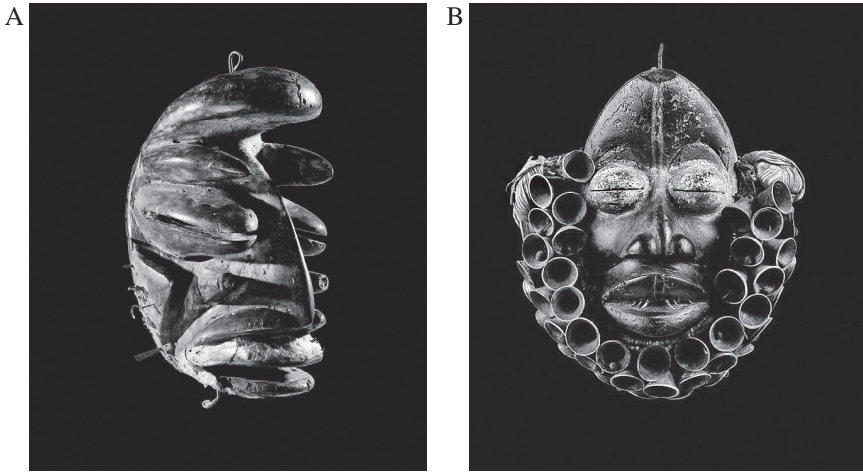


Fig. 4. — A: masque de guerre, tee gla, guéré/wé, Côte-d'Ivoire, 36 cm, bois, pigments, métal, cheveux humains, dents de chien, fibres végétales; B: masque-musicien, ble gla, guéré/wé, Côte-d'Ivoire, 31,5 cm, bois, pigments, métal, tissu, fibres végétales, pâte de verre, dents de serpent (coll. part.).

Les Dan peuplent le massif de Man et la zone frontalière touchant le Liberia et la Guinée. Ce sont des Mandé méridionaux, patrilineaires, agriculteurs. Ils comptent parmi les habitants les plus anciens du pays. La volonté de perfection joue à tous les niveaux de leur vie. Sur leurs masques anciens, coiffés de fibres végétales, éclate une beauté mystérieuse. La délicatesse des traits repose sur un volume tendu aux formes pleines et douces. Un des masques dan les plus anciens est couvert d'une patine noire laquée et a été restauré par des fibres végétales. Il fut la propriété de Charles Ratton [2].

Nul mieux que Maurice Bandaman, ministre ivoirien de la Culture et de la Francophonie, n'a décrit le visage de femmes aux traits si fins, aux yeux de noisette, bridés et clos: «Ces visages polis avec tant de patience, qui témoignent d'une passion consommée pour la vie. Petits yeux clos pour ne pas devoir dévoiler ses sentiments à l'homme qu'elle aime. La femme clôt ses yeux aux grandes rencontres génésiques: quand elle fait l'amour et quand elle met au monde...». C'est le masque deangle des Dan qui orne la couverture du livre «Trésors de Côte d'Ivoire»; c'est aussi ce beau masque de danse dan-mano à l'arête frontale soulignée, aux cavités oculaires taillées en réserve selon un modèle géométrique favorisant l'insertion de pâte blanche, le kaolin, signe de la présence des ancêtres (fig. 5).

La place des Gouro dans l'histoire de l'art et des cultures est d'autant plus importante qu'ils sont à la source de la sculpture baoulé et influencent les formes simples et élégantes des Bété [3]. Ils vivent à l'ouest du Moyen-Sassandra, près

du lac Kossou. Chez eux, le culte des ancêtres est primordial, de même que les génies de la nature se manifestant dans les masques zamble, zaouli et goli.

Dans une simplicité dépouillée de tout artifice, le visage féminin de ces masques s'étire en douceur, libère le front, signe de sagesse et d'harmonie, par la ligne des cheveux en triangle, accentue cette couleur de peau aux teintes acajou, expression de l'éclat féminin. Deux tresses raffinées tombent de chaque côté du visage. C'est l'image de Gu, épouse et fille de Zamble.

Le masque facial zuhu, publié par Nancy Cunard [4] en 1931 et retrouvé par le galeriste Bernard Dulon, est surmonté d'un couple: la femme a la peau aux reflets marron; l'homme est de couleur plus sombre. Sur la tête de l'homme une sorte d'amulette rougeâtre, sur la tête de la femme un récipient contenant du kaolin blanc. Les deux personnages se tiennent délicatement par le bras. Est-ce l'image du couple ou, par inversion des couleurs, une évocation du double de la personne qui sera omniprésente chez les Baoulé? Il est réalisé par le Maître de Bouaflé (fig. 6).

Dès le XI^e siècle, des voies commerciales se dirigent du delta intérieur du Niger (Djenné) au Mali vers le sud jusqu'à la ville de Kong. Elles s'orientent ensuite vers l'est, les mines d'or de Garoua, le Ghana, le Nigeria. D'autres routes se prolongent plus au sud en passant à l'ouest du lac Kossou par Bouaflé.

Ces réseaux économiques et politiques ont engendré des déplacements de population chez les Sénoufo, les Djimini et les Lobi. Sur ces routes, les Dyoula entraînent avec eux des familles de forgerons. Les orfèvres les plus réputés par leur fonte à cire perdue et leur alliage cuivreux et en étain sont les mystérieux Lhorons dont l'origine, proche des Koulango, est discutée. Statuettes, cavaliers, statues, cannes, casques à cornes ornés de figures diverses sont réalisés.

Le masque en étain (fig. 7) est un objet de fouilles remontant à plus de deux siècles. Les plaques de cuivre sur le front sont fixées par des bandes d'étain. Deux cornes taillées en biseau descendent en arc de cercle. D'autres casques en métal sont en demi-sphère tel celui du musée du quai Branly surmonté de cornes et d'un caméléon [5]. Parfois c'est la figure de l'antilope qui est présentée. Dans l'ouvrage de Louis-Gustave Binger [6], qui parcourut le pays sénoufo en 1888 se trouve l'illustration d'une cérémonie funéraire chez les Sénoufo. On y reconnaît le porteur d'un masque semblable à celui du musée du quai Branly tenant dans la main droite une lance brandie vers le ciel.

Les Dyoula, fraction du peuple mandé, installent des marchés le long des routes. Un dicton décrit ces conquérants: «le sabre à la main, le commerce dans la tête, l'Islam dans le cœur». Les figures de cavaliers sont rares: cheval et cavalier sont associés au besoin de se protéger contre ces forces hostiles. Elles sont aussi liées aux pratiques divinatoires et aux esprits de la brousse (madebele).

Les Sénoufo, au nombre d'un million et demi d'habitants, résident pour une petite moitié au nord du pays, un peu moins au Mali et le reste à l'est, au Burkina Faso et au Ghana. Ce sont des agriculteurs se composant d'une trentaine d'entités aux nombreuses variétés de langue et de culture.



Fig. 5. — Masque de danse deangle, dan-mano, Côte-d'Ivoire/Liberia, 26 cm, bois, pigments (coll. part.).



Fig. 6. — Masque zuhu, Maître de Bouaflé, Gouro, Côte-d'Ivoire, 57, 3 cm, bois, pigments, kaolin (coll. part.).

Ils se rattachent aux langues voltaïques comme les Koulango et les Lobi. Décentralisés par village à l'origine, les Sénoufo ont créé une institution sociale fondamentale, le Poro. C'est le système de contrôle politique et économique des Sénoufo. Il forme par des rites d'initiation (trois étapes de sept ans) les jeunes et en fait des adultes intégrés dans la vie du village. Le point focal est un bois sacré habité par les esprits des ancêtres et les génies de la nature.

Voici à présent un masque double kpelyé (fig. 8) montrant deux figures féminines étirées aux yeux mi-clos mis en évidence; le visage s'amplifie par des appendices projetés sur les côtés du masque et sur la tête: calao, caméléon, signe du kapokier, et même répétitions miniatures du masque! L'origine de ces masques se trouve chez les Djimini, voisins des Sénoufo. Ils sont utilisés à des fins rituelles.

Chez les Sénoufo se rencontrent de grandes statues, les Deble. Sur le plan stylistique une distinction essentielle doit être relevée: les sculptures en bois réalisées par des forgerons qui sont souvent stylisées, élancées, ramenées à l'essentiel et celles taillées par un sculpteur qui n'est pas lié à une famille de forgerons. La zone nucléale des Deble est située au centre du pays, près de Korhogo (Lataha). D'autres styles se répartissent le long de la vallée de la Bagoé jusqu'à Kouto et Boundiali. Une grande effigie, provenant de l'ancienne collection Arman, fut vendue en 2014 pour près de douze millions de dollars.

Le masque facial en métal (fig. 9) reprend la morphologie des masques kpelyé. Il est rare. Sur son front le premier et le dernier quartier de lune: c'est une référence musulmane au ramadan, jours de jeûne. Ce type de masque, expression de la beauté féminine, est appelé «épouse du Dô» par les Dyoula de Kong et apparaissait lors des grandes célébrations musulmanes, tel l'Eid-al-Fitr. Ce document iconographique souligne les relations culturelles liant les Sénoufo aux Dyoula, entre les Djimini, société traditionnelle, et l'Islam.

Dans les savanes arborées du sud-ouest du Burkina Faso, s'étendant en Côte-d'Ivoire et au Ghana, vivent les Lobi. Leurs sculptures ont été découvertes tardivement, dans les années 1950. Dans des habitats clôturés par un mur, se trouve une chambre sanctuaire, «le Thildou», où sont disposés les statues, les têtes, les objets rituels. Seul le père de famille y a accès. On peut y admirer une tête sculptée parfaitement maîtrisée, habitée par une concentration tout intérieure unie aux esprits sollicités (fig. 10). Cette œuvre est de qualité universelle, si proche d'un art khmer bien lointain.

Les Baoulé résident au centre de la Côte-d'Ivoire et font partie d'un rameau de peuples connus sous la dénomination d'Akan. Les Akan constituent un peuple de plus de six millions d'habitants présents aussi au Ghana et au Togo. Auraient-ils été liés à l'Égypte pharaonique, l'Éthiopie et le Soudan, comme le pense Georges Niangoran-Bouah? Les Baoulé habitent le long du Bandama à l'ouest, avec une enclave réservée aux Yohouré le long du lac Kossou. Leur sculpture variée est reconnue mondialement pour son raffinement et sa noblesse rares.



Fig. 7. — Masque facial attribué aux Lorhon, XVIII^e siècle, Côte-d'Ivoire, 27, 5 cm, étain et cuivre (coll. part.).



Fig. 8. — Masque double, kpelyé, sénoufo, Côte-d'Ivoire, 32 cm, bois, pigments (coll. L. & J. Ross, USA).



Fig. 9. — Masque facial, société du Dô, Dyoula, région de Korhogo, Côte-d'Ivoire, 31,5 cm, laiton et étain (coll. part.).



Fig. 10. — Tête anthropomorphe lobi, 25 cm.

Une statuette hermaphrodite de 65 cm, collectée par Emil Storrer dans la région de Toumodi, présente un personnage debout, au cou annelé, mains sur le ventre, couvert de patine sacrificielle. Il porte un masque goli surmonté de cornes et ouvre notre réflexion sur ce culte. La région des Godé et de la ville de Béoumi fut le point de départ de ces traditions masquées goli qui se sont répandues dans tout le pays baoulé. Les danses et les chants ne sont connus des Baoulé que depuis un siècle. Dans ces danses qui se manifestent surtout lors de funérailles importantes ou de célébrations festives, quatre paires de masques apparaissent successivement. Ils rappellent un message ésotérique quasi oublié, intégrant des signes cosmiques, le soleil et la lune, y mêlant les animaux de la nature, antilopes, buffles et félins, le jour et la nuit, le contraste village/brousse.

Deux masques kple-kplé sont sculptés en forme de disque en méplat, surmonté de cornes. L'un est teint en rouge (58 cm, région de Toumodi), l'autre en noir (48 cm). Les masques-heaumes goli glen se discernent par leur forme animalière, représentant une tête de buffle qui se prolonge par des cornes d'antilope. En 1917, ce type de masque inspira Picasso qui en possédait un exemplaire. Bien que la patine ait été grattée, cette sculpture a atteint un prix élevé lors d'une vente de Jan Krugier chez Christie's à New York (500 000 \$).

Le masque kpan est féminin, revêtu d'une natte délicatement inclinée vers le haut et l'arrière. Une collerette enveloppe le contour du visage. Ce masque clôt le culte du Goli. Le beau masque de la collection Goldet est comparable à celui du *Indiana University Art Museum* publié en 1927 par Maurice Delafosse [7].

Hiératique et majestueuse, la statue longiforme fait partie d'un atelier connu: le regard est énigmatique; les doigts se posent autour de la zone ombilicale, les pouces écartés (fig. 11). C'est un indice révélant une relation avec sa descendance et son clan, signe de vie et de protection. Les Luba, en RDC, ne disent-ils pas: «Le nombril est la clé du monde»? Les jambes sont musclées, les mollets galbés, les pieds reposent sur un socle rond et plat à double bordure latérale.

Des sculptures se rattachant à des ateliers semblables ont été signalées par H. Himmelheber en 1935, S. Vogel en a découvert sur le terrain, V. Bouloré s'y consacra et, plus récemment, B. de Grunne. Chacun y va de sa nomenclature. Un de ces ateliers est appelé «atelier de Nzipri» par S. Vogel, «atelier des personnes aux mains liées» par V. Bouloré, «atelier de Sakassou» par B. de Grunne. Sakassou fut habité par la famille royale et plusieurs styles s'y réfèrent implicitement sous le label «cercle de Sakassou». Un examen détaillé de ces sculptures laisse apparaître la main d'ateliers, de sculpteurs de plusieurs générations et, forcément, de datation différente. Comme beaucoup de ces œuvres ont été commanditées, leur localisation se diversifie.

Achevons ce bref commentaire par un superbe étrier de poulie figuratif de métier à tisser. Réalisé par un maître-sculpteur reconnu, c'est un pur chef-d'œuvre dont l'expression a été incontestablement une source d'inspiration pour nos peintres et sculpteurs au début du XX^e siècle, tel Modigliani. Il se trouve déjà photographié dans le livre célèbre d'Eliot Elisofon et de William Fagg [8].



Fig. 11. — Statue féminine, blolo bla, baoulé, Côte-d'Ivoire, 48,5 cm, bois, pigments (coll. part.).

Outre la richesse variée des arts baoulé dont nous n'avons pu aborder tant d'objets originaux telles les représentations des figures de singe cynocéphale, des masques ndoma, des statues royales, des maternités et des oracles figuratifs à souris, il est nécessaire de situer les peuples proches de la frontière du Ghana et les peuples lagunaires.

Si les rives de la Comoé et de la Volta noire ont pu jouer un rôle de frontière, les limites entre les zones forestières et les savanes herbeuses ont à leur tour favorisé, comme souvent en Afrique, le développement d'échanges sociaux et commerciaux. Le pays akan au Ghana se compose d'une forêt dense irriguée par plusieurs rivières importantes. C'était aussi une région riche en or, particulièrement à Obuasi et à Tarkwa. Au nord, dans la région des Abron en Côte-d'Ivoire, se dénommant les Brong au Ghana, les savanes herbeuses favorisèrent l'émergence des premières villes akan: Begho, Bono-Manso, Techiman et Wenchi.

Ces villes remontent au XIV^e siècle et se sont développées à la lisière des zones forestières. De plus — et c'est un enjeu essentiel —, les cités des Akan furent associées à la présence des Mandé, originaires du Mali et de Guinée. Parmi eux, les Dyoula organisèrent le commerce à longue distance et les marchés locaux. Ils amenèrent avec eux de nombreux forgerons et des artisans aux techniques nouvelles: le cercle de Bondoukou en est une brillante illustration.

Le cercle de Bondoukou sur les routes commerciales juxtapose, d'une part, les traditions musulmanes soudanaises telles qu'on les retrouve au nord-ouest, à Tombouctou, Ségou ou Kong et à l'est jusqu'au Bas-Niger, et, de l'autre, les

populations locales des Nafala, des Koulango, des Degha et des Abron à dominante akan. La géographie urbaine, la répartition des demeures rectangulaires à toits de chaume contrastant avec l'architecture musulmane à toits plats et à clochetons en pointe, l'abondance des produits vendus venus de tous les horizons ont fait de cette région, dans le dernier quart du XIX^e siècle, un lieu unique de diversité et d'influences réciproques.

Les Koulango et les Abron habitent le nord-est de la Côte-d'Ivoire. Ils sont voisins des Akan du Ghana par les Abron. Trois grandes cités commerciales anciennes en font partie: Kong, Bouna et Bondoukou. Les fondeurs Koulango sont célèbres pour leurs amulettes figuratives. Une d'entre elles, en or, a été reconnue dans la collection du comte de Caylus reproduite en 1752 et en 1756. Deux siècles plus tard, dans une oasis de Libye est découvert un trésor en or dans lequel se reconnaissent des figurines koulango. Celles-ci sont à présent conservées au musée de Tripoli.

Une effigie royale aux bras articulés est «l'œuvre d'un maître-sculpteur qui a mis toute sa créativité et son savoir pour transcrire la grandeur et la solennité du personnage, de sang royal, auquel elle était destinée», écrit P. Girard [9]. Dans le décryptage de la statue, l'auteur retrace l'héritage de sociétés initialement distinctes, à savoir: les Entilé et d'autres, les plus autochtones, axées sur la pêche et la collecte du sel; les Attié et les Ebrié, s'occupant d'huile de palme, remontant au XVI^e siècle; les Nzima (ou Apolloniens) centrées sur le commerce; les Abouré (milieu du XVII^e siècle) et les Agni-Braffé du Sanwi (XVIII^e siècle) plus centrées sur la collecte et le commerce de l'or.

L'imbrication mutuelle de ces cultures, rapportent Monica Blackmun Visonà et Timothy Garrard, met en évidence l'aspect plurifonctionnel des effigies sculptées qui s'inscrit dans «un style lagunaire». La découpe de la surface du corps en petits losanges pour y fixer les feuilles d'or rend compte d'une tradition ancienne des Akan remontant au XVIII^e siècle. La sculpture représente, semble-t-il, une reine mère d'un des royaumes lagunaires sans qu'il soit possible stylistiquement de l'identifier (fig. 12).

Il m'a été donné de pouvoir assister à la grande Fête des Ignames en mars 2014. Ce fut une occasion unique d'entrer en contact avec des seigneurs de la culture agni, d'assister au rassemblement des Nanan des différents cantons réunis à Niabwé, en bordure de la frontière du Ghana, et d'entrer plus avant dans leurs traditions nobles et séculaires. Cette fête se déroule obligatoirement pendant une semaine anaan, période sacrée qui dure du jeudi au samedi.

Le Roi, les Nanan, les Reines mères et les dignitaires revêtent des habits somptueux, brodés par des spécialistes au Ghana, en forme de toge romaine. C'est l'occasion de porter une coiffe sertie de bijoux en or, d'arborer des colliers, des bracelets serrant le haut des bras et les poignets, de porter des bagues multiformes et de chausser des sandales aux éléments recouverts de feuilles dorées. Les préparatifs sont complexes et codifiés. Ils impliquent que les litiges annuels de la population soient réglés et les gens réconciliés. Une veillée de communion et de prière entre les vivants et les morts est organisée.



Fig. 12. — Statue de reine mère, peuples lagunaires, Côte-d'Ivoire, 50 cm, bois recouvert de feuilles d'or, corail, perles de verre, fibres végétales (coll. part.).

Autour de la ville de Krinjabo, capitale des Sanwi, en bordure du Ghana, les Agni sont connus pour leur culte funéraire qui a vu naître de nombreuses terres cuites figuratives. Ce sont les lignages royaux matrilineaires qui les commandaient pour leurs défunts. Une procession était organisée et la statue était portée à travers tout le village pour être logée dans un emplacement réservé aux rois et à la noblesse, puis à tous.

Ces sculptures se limitaient à des visages en ronde-bosse, à des bustes ou à des personnages entiers debout ou assis. Ce sont des portraits royaux idéalisés qui se reconnaissent par certains signes: couronne, coiffure de reine mère, collier et bracelets, siège, position des mains, ... Ce rite funéraire fait partie du culte du Mma. Ce Mma apparaît chez les Sanwi comme «l'unique support matériel du fameux souffle vital, réceptacle de l'âme désincarnée de l'aïeul divinisé». Suivant les croyances agni, l'esprit du défunt vient s'y incarner et favorise la fécondité des femmes.

Les Akan possèdent des sièges royaux multiples et variés. Il y a le célèbre siège royal en or qui est gardé secret. Il y a aussi de petits sièges couverts de patine sacrificielle qui sont exhibés lors des grandes fêtes, ce sont les sièges de prestige conservés dans «la salle du trône» des Nanan des différents cantons et chez le roi. Un beau siège ancien est entré à Marseille au Musée des Arts africains et océaniens en 1923 avant d'appartenir à la collection Léonce et Pierre Guerre [10]. Non figuratif, ce siège royal est une sculpture rare [11]. Sur une

assise rectangulaire incurvée, le piètement est constitué de cinq piliers, quatre rectangulaires, un circulaire au centre. Le bois est décoré de rainures parallèles et de triangles en dents de scie. Des médaillons en laiton sont incrustés sur la base et les côtés latéraux.

Dans la *Wallace Collection* à Londres est conservé le visage en or trouvé dans la tombe du roi Kofi Karikari, le neuvième souverain des Ashanti qui régna de 1837 à 1884. Son mausolée à Koumassi fut pillé lors d'une expédition punitive britannique dans les années 1880. Sur ce visage, des traits morphologiques caractéristiques s'apparentent à ceux que l'on retrouve sur des statues en bois à Sakassou, ville royale des Baoulé. Les paupières mi-closes, la bouche pincée, la coiffure, le collier de barbe en quartier de lune sont des indices pertinents. Certains de ces traits, en particulier les scarifications de la statuaire sur bois des Baoulé, se retrouvent aussi sur les terres cuites des Sanwi.

Nous concluons avec trois *regalia*, signes de l'autorité du souverain qui règne: le tabouret, symbole du pouvoir religieux, le sabre, symbole du pouvoir politique et militaire, le Dja, symbole du pouvoir économique. Ces emblèmes sont remis au roi lors de son intronisation et conservés dans un lieu privé. Ils apparaissent à de rares occasions, outre l'intronisation, lors des funérailles et à la Fête des Ignames. En effet, la production artistique des Akan concerne essentiellement des rituels et des objets de prestige liés aux rois et aux princes.

NOTES ET REFERENCES

- [1] H. Zöller, *Die Deutschen Besitzungen an der Westafrikanischen Küste* (Berlin et Stuttgart, W. Spermann, t. 2, 1885).
- [2] Expert, marchand et collectionneur, Charles Ratton (1897-1986) marque l'histoire de la réception des arts «primitifs». Il fut en contact avec des artistes et des photographes, tels que Jean Dubuffet et Man Ray.
- [3] Les Bété, à l'ouest du Moyen-Sassandra, ont acquis une célébrité notoire par leurs chants, leurs danses, leurs masques. Deux courants stylistiques se distinguent: l'influence des Wé au nord-ouest, celle des Gouro au sud-est.
- [4] N. Cunard, *Negro: Anthology* (London, Wishart & Co., 1934).
- [5] Casque de guerre proto-sénoufo, musée du quai Branly 70.2009.42.1, 19,5 cm, alliage cuivreux.
- [6] L.-G. Binger, *Du Niger au golfe de Guinée par le pays de Kong et le Mossi (1887-1889)* (Paris, Hachette, 1892, 2 vol.).
- [7] M. Delafosse, «Le peuple Siéna ou Sénoufo», in *Revue des Etudes Ethnographiques et Sociologiques*, 1, 2, 3, 4/5, 9/10, 11/12 (1908); 13/15 (1909).
- [8] E. Elisofon & W. Fagg, *The Sculpture of Africa*, London, Thames and Hudson, 1958 (*La Sculpture africaine*, Paris, F. Hazan, 1958).
- [9] A.-M. Boyer, P. Girard & M. Rivière, catalogue *Côte d'Ivoire. Arts premiers de Côte d'Ivoire* (Saint-Maur, Sépia, 1997), pp. 134-137.
- [10] *Pierre Guerre: un érudit en son temps*, Musée d'Arts africains, océaniens, amérindiens, Centre de la Vieille Charité, Marseille, 1992.
- [11] Cf. cat. Sotheby's Paris, 15 juin 2011, lot 8.

Le filage d'un monde ou comment se fabrique la soie en Thaïlande*

par

Annabel VALLARD**

MOTS-CLES. — Maillages sociotechniques; Biomatériaux; Textiles (soie); Asie du Sud-Est (Thaïlande) et de l'Est (Japon).

RESUME. — Les pays d'Asie du Sud-Est sont connus pour être d'importants producteurs textiles. Ils doivent cette réputation à leur participation à l'industrie mondiale du prêt-à-porter. Leur production artisanale reste toutefois très dynamique et particulièrement valorisée. C'est le cas en Thaïlande où le tissage et les textiles «faits main» modèlent largement les pratiques comme les imaginaires. Généralement considérés comme les émanations d'une «tradition», ces mondes artisanaux sont présentés comme autosuffisants et extrêmement localisés. A partir de l'étude de quelques étapes techniques emblématiques de la sériciculture dans le nord-est thaïlandais, cet article s'attache à montrer que la fabrique de la soie se réalise plutôt le long de chaînes d'association de grande envergure dont il s'agit de dresser une cartographie liminaire. Ce faisant, il propose une réflexion sur quelques-uns des enjeux liés à la production de matériaux précieux à l'aune de l'industrialisation du secteur, du développement des techniques de laboratoire travaillant les variétés séricicoles et de la mise en place de politiques de gouvernance d'organismes biologiques ayant une importance à la fois économique, culturelle et sociale.

KEYWORDS. — Sociotechnical Networks; Biomaterials; Textiles (Silk); Southeast (Thailand) and East (Japan) Asia.

SUMMARY. — *A World Spinning or How Silk is made in Thailand.* — Southeast Asian countries are known to be important textile producers. They have gained their reputation to their participation in the ready-to-wear global industry. Crafts have nevertheless remained highly dynamic and particularly valued locally and abroad. This is the case in Thailand, where weaving and handmade textiles shape everyday practices and national imaginary/imagery. Generally considered as a “tradition” or as an element of the “Thai culture”, textile crafts are linked to discourses promoting their local self-sufficiency. From an emphasis on sericulture in the north-east of Thailand, this paper analyses how the fabric of silk is rather due to chains of associations and large networks we shall attempt to map. In doing so, we propose to question a few major issues related to the production of precious biomaterials in terms of industrialization, development of laboratory techniques and the implementation of policies on biological organisms of economic, cultural and social importance.

* Communication présentée à la Classe des Sciences humaines tenue le 18 mars 2014. Texte reçu le 30 juin 2014, soumis à *peer-review*. Version définitive, remaniée en profondeur, reçue le 28 novembre 2016.

** Post-doctorante FNRS/ULB – LAMC (Laboratoire d'Anthropologie des Mondes Contemporains), av. Jeanne 44, CP 124, B-1050 Bruxelles (Belgique).

Introduction [1]*

De nombreuses histoires relatent le premier contact des humains avec la soie (KUHN 1984) [2], cette substance protéique sécrétée par divers arthropodes qui présente des compositions en acides aminés, des structures, des couleurs et des textures qui varient selon les espèces séricigènes. L'une des plus fameuses évoque un cocon tombé dans la tasse de thé brûlant d'une princesse chinoise installée sous un mûrier il y a cinq mille ans (HUBBELL 2001, GOLDSMITH *et al.* 2005). Sous l'effet conjugué de l'eau et de la chaleur, cette enveloppe soyeuse lui révéla sa nature filamenteuse et la manière de le dévider, donnant naissance à la sériciculture. Tandis que plusieurs espèces produisent de la soie, les industries séricicoles se sont structurées autour de l'élevage du *Bombyx mori* L. ou bombyx du mûrier blanc (*Morus alba* Moraceae L.) [3]. Au fil de l'histoire, cette soie a valu de l'or du fait notamment de sa finesse, de sa souplesse et de sa brillance (MAU 2007). Le terme «sériciculture» est ainsi généralement compris comme l'élevage des bombyx associé à la culture du mûrier, son aliment privilégié. Les plus anciens fragments de tissu de soie attribués au *B. mori* ont été découverts dans les années 1980 dans la province chinoise de Henan (village de Qingtai, Xingyang) et attestent de l'usage de ses filaments au milieu du quatrième millénaire avant notre ère (HAO 2012, p. 73) [4]. Depuis lors, l'attachement qui lie l'humain au *B. mori* et au *M. alba* ne s'est pas démenti. Ces espèces ont sillonné le globe le long de routes commerciales dont elles ont contribué à façonner les parcours — comme les célèbres «routes de la soie» — interconnectant les espaces et les sociétés qui les fréquentent et les habitent. Parties du foyer originel chinois, elles sont désormais présentes de la Corée au Brésil, de l'Ukraine à l'Afrique du Sud. Partout, elles ont été préférées aux espèces séricicoles natives à l'exception de quelques régions, à Madagascar, en Inde et au Japon, par exemple, où ces dernières sont toujours utilisées bien qu'à une échelle réduite [5].

Depuis la Seconde Guerre mondiale, la Thaïlande compte parmi les principaux acteurs du marché mondial de la soie de *B. mori* [6]. Au début des années 2010, ce pays d'Asie du Sud-Est figurait ainsi au rang des cinq premiers producteurs de cocons frais, de cocons secs et de soie grège en volumes produits et transformés ainsi qu'en valeurs générées, très loin toutefois derrière l'Inde et surtout la Chine qui exerce une hégémonie sur ce secteur [7] (POPESCU 2013). Entre 2007 et 2010, la Thaïlande était même l'un des rares pays à voir un accroissement de sa production de cocons frais et de ses importations de cocons secs (POPESCU 2013) soulignant à la fois le dynamisme de ses filatures et de ses tissages, et sa difficulté de les alimenter avec une production nationale de matières premières. Les soieries *made in Thailand* sont en effet très prisées sur les marchés intérieurs et internationaux et participent à la promotion d'une

* Les chiffres entre crochets [] renvoient aux notes, pp. 572-575.

identité nationale (KOIZUMI 2009, GRAHAM 2013). En vingt ans, le pays a toutefois vu une diminution drastique du nombre des maisonnées engagées dans la sériciculture du fait de l'industrialisation du pays, de la fluctuation constante des cours de la soie et aussi de l'émergence de nouveaux pays producteurs comme le Vietnam, l'un de ses concurrents directs [8].

Cet article se propose d'explorer les mondes séricicoles thaïlandais en esquisant à grands traits une cartographie des divers maillages sociotechniques que cette substance dessine. Alors que la soie est conçue comme la quintessence du cycle de vie du *B. mori*, il s'agit de mettre au jour l'intimité que les humains entretiennent avec lui et les chaînes d'association et de coopération (BECKER 2006) qui concourent à la fabrication de ce matériau précieux dans divers contextes. Par l'observation des procédures concrètes à l'œuvre dans la sériciculture thaïlandaise, nous poserons les jalons d'une réflexion sur quelques-uns des enjeux mondiaux liés à la fabrication de soie à l'aune de l'industrialisation du secteur, du développement des techniques de laboratoire travaillant les variétés séricicoles et de la mise en place de politiques de gouvernance d'organismes biologiques ayant une importance à la fois économique, culturelle et sociale.

Pratiques séricicoles, du *B. mori* au fil de soie

Le *B. mori* est l'une des espèces biologiques dont les traits morphophysiologiques ont été entièrement façonnés par l'être humain (HUBBELL 2001). Il aurait été créé au long des générations à partir d'une espèce dite «sauvage», le *Bombyx mandarina*, par le contrôle de sa reproduction ainsi que par la sélection et l'hybridation répétées des individus dotés de traits considérés comme utiles pour la sériciculture (taux de croissance, taille des cocons, qualité des filaments de soie, résistance aux maladies) (GOLDSMITH *et al.* 2005). Par rapport au *B. mandarina*, petit lépidoptère brun crème très vivace et particulièrement mobile, le *B. mori* est une espèce au corps énorme et lourd qui tend vers la placidité. Sa taille, propice à la sériciculture puisqu'elle lui permet de produire et de filer une quantité considérable de substance soyeuse, est disproportionnée par rapport à ses ailes atrophiées qui, ne supportant pas son poids, contraignent ses déplacements. Conjuguées à sa couleur blanche qui le rend très visible dans un environnement végétal, ses caractéristiques morphologiques l'empêchent ainsi non seulement de s'alimenter et de se reproduire seul, mais le vulnérabilisent face aux prédateurs, scellant sa dépendance vitale à l'humanité.

Espèce holométabole, ce lépidoptère connaît quatre stades de développement : œuf, chenille, chrysalide et imago. Ses différents modes d'existence voient sa morphophysiologie radicalement se transformer, influençant les manières dont les humains s'en saisissent et celles dont les deux espèces interagissent. Pondu par le papillon sous la forme d'œuf (communément appelé «graine» dans le langage séricicole international), le *B. mori* évolue d'abord en cinq stades larvaires au fil

de quatre mues qui voient le corps de la chenille progressivement grossir, s'allonger et s'alourdir. A l'issue de son dernier stade de développement, la chenille sécrète un filament unique de «soie» formé de deux brins protéiniques composés d'une molécule géante, la fibroïne, et d'une protéine amorphe, la séricine — ou «grès» —, qui les entoure et les cimente (FRAVAL 2010). En tirant cette bave filamenteuse d'une section de 2 μm et d'une longueur variable allant jusqu'à 1,5 km, la chenille s'enferme peu à peu dans un maillage dense qui *in fine* forme un cocon de nymphose. Nichée dans cet abri, elle se transforme en chrysalide, puis en papillon émergeant de son enveloppe protectrice, s'accouplant, pondant et entamant un nouveau cycle de vie et d'élevage [9].

En Thaïlande, le nord-est du pays de peuplement tai-lao est connu comme l'une des régions historiquement productrices de soie [10]. Jusque dans les années 1950, en complément de la riziculture, la plupart des maisonnées y maintenaient tout au long de l'année un élevage de *B. mori*, dont elles filaient et tissaient la soie pour leurs besoins en soierie et ceux de leur communauté villageoise, parfois aussi pour commercer ou pour payer l'impôt (KOIZUMI 1990, 2009). Dans cette région de climat tropical [11], les populations natives de *B. mori* sont en effet multivoltines, c'est-à-dire qu'elles connaissent plusieurs générations par an se reproduisant sans diapause contrairement aux espèces des espaces séricicoles plus froids d'Asie du Nord. Dans les zones peu propices à la culture du mûrier en saison sèche, les sériciculteurs étaient toutefois obligés soit de se fournir en feuilles auprès de voisins, de parents ou de connaissances, soit d'interrompre le cycle d'élevage. Ils avaient alors l'habitude de s'approvisionner en graines pour la reprise dans leur cercle plus ou moins proche d'interconnaissances. Depuis les années cinquante, ils s'appuient plus certainement sur les graineurs publics et privés s'occupant de la production et de la vente des graines de *B. mori* avec lesquels ils sont souvent engagés dans des relations contractuelles (*cf. infra*).

Les sériciculteurs qui poursuivent un élevage à l'année accompagnent attentivement le développement du *B. mori* tout au long de son cycle de vie d'une durée d'environ trente-cinq jours et pourvoient entièrement à ses besoins physiologiques. Ils sélectionnent les cocons les plus beaux pour la reproduction, c'est-à-dire ceux qui sont propres et ne présentent aucune saleté externe ou interne (observation par transparence), ceux qui ont une forme régulière caractéristique de la variété considérée (ovoïde, en forme de cacahuète, ronde, allongée, etc.), ceux qui sont gros, lourds, d'une couleur uniforme (les variétés natives produisant une soie jaune), des cocons qui émettent un son étouffé et mat quand ils sont secoués. A la fois précautionneusement et avec la rapidité de l'œil et de la main exercés par l'habitude, ils examinent ainsi la surface intégrale des cocons, scrutent leur épaisseur. Ils recherchent dans cet examen attentif des traces attestant des qualités attendues de papillons reproducteurs. Réservant les cocons qui ne correspondent pas aux critères de ce tri au dévidage, ils laissent se développer et émerger des enveloppes soyeuses («papillonner») les quelques dizaines d'individus sélectionnés espérant *a minima* le maintien et au mieux l'amélioration de leurs qualités de fileur de soie, de leur santé et de leur vigueur.

Dans les élevages domestiques, les activités séricicoles ne se pratiquent pas dans une magnanerie séparée, mais sur des vans de bambou disposés sur des claies dans l'espace de la maison, le plus souvent à l'extérieur le long d'un mur couvert et sur les vérandas du premier étage, plus rarement dans les chambres à coucher. Les papillons qui viennent d'émerger sont accouplés sur ces vans protégés de feuillets de papier journal. Après plusieurs heures, les femelles commencent à pondre leurs œufs alors que les mâles, devenus «inutiles», sont jetés aux poules.

Les œufs nouvellement pondus sont conservés sur le papier où ils ont été pondus. Ce dernier est placé sur une assiette dans un endroit frais protégé des prédateurs (fourmis, mouches, poules, etc.). Au fil de leur mûrissement, les graines gagnent progressivement en transparence et se teintent du noir des larves visibles à travers leur fragile enveloppe. Les chenilles minuscules (environ trois millimètres) émergent sept à dix jours après la ponte, le corps recouvert de poils. Afin d'uniformiser leur développement, les sériciculteurs attendent que toutes soient sorties pour leur donner un premier repas fait de jeunes feuilles de mûrier hachées menu qu'ils récoltent chaque jour dans les jardins jouxtant leurs maisons, leurs potagers situés le long des berges inondables et leurs rizières.

Durant leur développement larvaire, les chenilles alternent entre des phases de nourrissage et des phases de mue. Au cours des premières, elles se nourrissent abondamment, montrant un appétit grandissant au fur et à mesure de leur croissance. Les sériciculteurs veillent ainsi à leur fournir en abondance une nourriture de belle qualité trois à quatre fois par jour. Les feuilles tendres hachées du début de cycle laissent bientôt place à des feuilles entières, puis à des branches feuillues au cinquième stade larvaire, juste avant leur coconnage. A chaque mue, les chenilles si industrieuses cessent de s'alimenter. Statiques, le haut du corps relevé, elles «dorment» selon les sériciculteurs. Leur corps change de couleur et de texture, il devient plus translucide et brillant. Les chenilles, désormais trop grandes pour leur ancienne cuticule, s'en débarrassent puis se remettent à se nourrir goulument.

La récolte des feuilles, leur préparation, puis leur distribution demandent beaucoup de temps aux sériciculteurs, surtout aux stades avancés de développement (fig. 1). L'alimentation se conjugue aussi avec la production d'importants déchets et de nécessaires changements de litière. Les chenilles sont en effet très sensibles à l'humidité, aux odeurs et au confinement. Pour être en pleine santé, elles requièrent une atmosphère propre, salubre et bien ventilée. Les sériciculteurs veillent alors à nettoyer leur couche une fois par jour ou tous les deux jours et à maintenir un espacement suffisant entre elles, mais pas trop important car, grégaires, elles «aiment se côtoyer». L'assiette sur laquelle éclosent les graines se transforme ainsi au fil du temps en plateaux de bambou de diverses tailles dont le plus grand mesure environ 1,60 m de diamètre. Plusieurs plateaux sont nécessaires en fin d'élevage. Pour assurer une bonne ventilation aux élevages et pour protéger les chenilles des prédateurs, ces plateaux sont posés sur un bâti étagé en bois recouvert d'une moustiquaire, dont les pieds sont placés dans des

bols remplis d'eau. Chaque délitement est l'occasion de débarrasser les chenilles des déchets de feuilles et d'excréments [12] et aussi d'éliminer toute chenille qui montre des signes extérieurs de faiblesse et de maladie (par exemple par l'examen de leur peau et de leur comportement) afin d'éviter la contamination du reste de l'élevage [13]. Les retardataires sont regroupés à part afin de ne pas perturber les mues de leurs congénères.



Fig. 1. — Récolte des feuilles de mûrier dans le jardin familial, Mahasarakham 2012.

Au dernier stade larvaire, les chenilles continuent d'abord de s'alimenter avec voracité. Elles ont déjà plus que centuplé de taille et de poids. Les frêles vermisseaux bruns et poilus se sont transformés en des chenilles blanches, glabres et grasses de quatre à cinq centimètres de longueur et pesant de deux à quatre grammes. Prêtes à coconner, elles prennent progressivement une teinte jaunâtre, cessent de s'alimenter et se débarrassent de leurs déchets internes. Se redressant, elles cherchent dans toutes les directions un endroit propice à leur arrimage pour coconner. Les sériciculteurs les déposent alors délicatement dans des claies circulaires de lames de bambou tressées. Elles commencent à y filer leur cocon en émettant leur bave par un orifice situé près de leur bouche. D'avant en arrière, elles en fixent les premières trames qui se solidifient rapidement à l'air libre avant de progressivement s'enfermer dans cette enveloppe protectrice.

Les sériciculteurs prennent soin de ne pas déranger les chenilles à leur ouvrage et de les protéger des prédateurs éventuels pendant les trois jours qui leur sont généralement nécessaires pour achever leur cocon. Prêtes à être récoltées («décoconnées»), ces enveloppes jaunes d'or mesurent de 25 à 60 mm et pèsent de un à quatre grammes selon les variétés (fig. 2). Les cocons, composés d'une bourre de soie extérieure enchevêtrée qui a servi à leur fixation et d'un brin unique (ou «bave») long de 200 à 300 m qui donne sa préciosité au matériau, sont alors détachés à la main des claies et conservés dans des espaces propres et secs. Toute la maisonnée et parfois les voisins sont mis à contribution. Le dévidage [14] doit en effet être réalisé avant le papillonnage qui intervient une dizaine de jours après le coconnage. La sortie des papillons, en éven-trant les cocons, endommagerait, selon les sériciculteurs, l'intégrité des filaments continus de soie et *in fine* la qualité des fils produits [15].



Fig. 2. — Les cocons (jaune d'or) prêts à être récoltés dans leurs claies circulaires, Mahasarakham 2012.

Pour tirer les fils de soie, les dévideurs font tremper les cocons dans l'eau bouillante afin que le grès (ou séricine) qui protège les brins de fibroïne se ramollisse et les libère. Le tirage de la soie se pratique dans l'espace domestique, souvent sous la véranda ou sous la maison pour se protéger de la chaleur et profiter d'une fraîcheur relative. Le dévideur prépare un feu au-dessus duquel il dépose un tour à soie composé d'une bassine remplie d'eau sur laquelle est placé un bâti en bois ou en bambou. Celui-ci est percé d'une filière qui livre

passage aux brins de plusieurs cocons qu'elle contribue à réunir. Au-dessus de la filière se trouve un cylindre en bois, le dévidoir proprement dit [16], animé d'un mouvement de rotation continu par le tirage qu'exerce le dévideur sur le fil de soie. Le fil s'enroule autour de lui avant de passer dans une boucle arrière formant une croisure en X qui contribue à essorer un peu plus le fil et à faire adhérer convenablement les brins ensemble sans que le calibre de la soie «grège» produite ne soit pour autant régulier. Ce circuit achevé, le fil est finalement déposé dans un van de bambou aux pieds du dévideur [17].

Le fileur garde en permanence une vingtaine ou une trentaine de cocons dans la bassine, l'alimentant régulièrement en cocons non dévidés et retirant les chrysalides mortes à l'aide d'une écumoire [18]. Il agite une palette de bois fendue dans le sens de la longueur afin de récupérer les extrémités des brins de soie, le titre du fil (son calibre) dépendant du nombre de brins sélectionnés. Une fois le filage commencé, le dévideur ne peut s'arrêter et doit compléter sa tâche en une fois sous peine de voir les cocons ébouillantés pourrir. Si la plupart les dévident en un fil unique (*hmai sao loei* [19]) après avoir préalablement retiré la bourre de soie, les plus expérimentés s'attachent à en tirer trois fils de qualités différentes reconnues et définies par le département de l'agriculture (The Queen Sirikit Department of Sericulture 2012) (fig. 3). En dehors des fils de soie *hmai sao loei* de deuxième catégorie (employés uniquement en trame des tissages [20]), ils produisent ainsi une soie de première catégorie *hmai noi*



Fig. 3. — Les quatre qualités de fils de soie reconnues par le département de l'agriculture, Mahasarakham 2012.

reconnue comme la plus fine, la plus douce et la plus solide (employée pour la chaîne ou la trame). Elle est le fruit du dévidage du filament des couches internes des cocons. La soie *hmai hluep* de troisième catégorie est, quant à elle, produite à partir des couches extérieures des cocons après que la bourre de soie en a été retirée. C'est le plus épais, le plus moelleux, le plus irrégulier, le plus noueux et le plus fragile des fils de soie produits, ce qui le restreint à un usage en trame. Dévidés à la main, ces fils doivent être systématiquement retordus pour être utilisés en chaîne, surtout sur les métiers à tisser mécaniques qui mettent durement leur résistance à l'épreuve. Ils ont en effet tendance à casser facilement sous la double pression de la tension de la chaîne et des battements cadencés des peignes sur les trames.

La sériciculture, une activité «genrée»

L'élevage des variétés multivoltines de *B. mori* comme le traitement manuel de leurs cocons en fils soulignent l'intimité entretenue localement entre les humains, les lépidoptères et leur substance soyeuse. Or, dans le contexte talaï du nord-est de la Thaïlande, ces activités sont domestiques et principalement féminines. La terminologie met ainsi l'accent sur l'inscription du *B. mori* dans l'univers «villageois», et plus encore dans l'univers de la maisonnée qui est localement pensée comme un espace social plutôt féminin construit en opposition avec le monde «de la forêt» [21] (TAMBIAH 1969, FORMOSO 1987, TRANKELL 1995). Le lépidoptère est dès lors considéré comme un «animal de la maison» (*sat ban*), du proche, au même titre que le coq, le buffle ou encore le chien. Pour qualifier la relation qu'elles entretiennent avec lui, les séricicultrices emploient du reste le terme *liang* qui, polysémique, signifie, selon les contextes d'énonciation, «nourrir/nourri, élever/élevé, domestiquer/domestique, adopter/adoptif, prendre soin, rendre un culte» (COLLOMB 2010). Au-delà du «nourrissage», ce terme suggère l'idée d'«élevage» et d'«éducation» [22]. Il «renvoie toujours à une même intention: instituer et maintenir une relation fondée sur une certaine forme de réciprocité à travers le don, réel ou symbolique, de nourriture» (COLLOMB 2010). Il s'agit de «prendre soin» (COLLOMB 2010), de «prêter attention» et plus encore de ménager une certaine «présence» (CLAVAIROLLE 1994) auprès d'êtres «avec lesquels on entretient un lien singulier, de l'ordre de la parenté [...] ou de l'affect» (COLLOMB 2010). Si les «destinataires [du *liang*] peuvent être des animaux [ou] des esprits», ce sont la plupart du temps des humains tout comme les agents du *liang* eux-mêmes (COLLOMB 2010), sa relation archétypale étant celle entretenue entre les enfants et les parents (vivants ou morts). «Prendre soin», «élever» et «être présent» de manière constante auprès des vers à soie pourrait dès lors s'apparenter à une forme de «maternage» (CLAVAIROLLE 1994) [23]. Conjugués au fait qu'en Thaïlande les femmes évoquent souvent les vermicelles comme

«leurs enfants», les rituels propitiatoires et les interdits tai-lao liés à la sériciculture [24] pourraient ainsi laisser penser à l'existence d'une analogie entre les «enfants humains» et les «vers à soie» «affirmant des similarités sous-jacentes, [et] suggèr[ant] la mise en œuvre de stratégies de même nature, [voire] “un modèle prescriptif”» (CLAVAIROLLE 1994) pour le traitement de ces deux types d'êtres (HAUDRICOURT 1962).

Quoi qu'il en soit, du fait notamment de ses multiples modes d'existences, cet insecte extraordinaire, à la fois «animal parfait» et «monstre», est pris dans un système de représentations extrêmement riche qui, comme ailleurs, en fait un «objet d'attraction et de répulsion immodérées» (CLAVAIROLLE 1994). Ceci se vérifie singulièrement quand il est saisi par des bouddhistes fervents. Alors que le don de lés de soie destinés aux robes monastiques est attesté jusqu'à la moitié du XX^e siècle (LEFFERTS 1996), la mort de la chrysalide au cours du dévidage et du filage du cocon suscite, pour certains, quelques négociations d'ordre moral [25]. L'une d'entre elles implique, par exemple, de ne pas considérer la noyade et plus particulièrement le retrait de l'air — l'une des conditions nécessaires à l'existence des chrysalides — comme une atteinte à leur subsistance et donc leur décès comme une mise à mort (DUPAIGNE 1997) teintée d'une forte intentionnalité.

La présence soutenue, voire l'intimité, des femmes et de la soie ne se restreint toutefois pas à la sériciculture, aux lépidoptères et à la substance soyeuse en devenir. Elle se réalise tout au long de la filière séricicole jusqu'au vêtement porté. Des proverbes adressés aux jeunes filles en âge de se marier, comme celui-ci: «Son tissage, lâche, le tissu ne vaut pas d'être donné / Des vers à soie élevés, ne reconnaissant ni les éveillés, ni les endormis / Une telle fille n'est pas bonne à marier» (BOUNYAVONG 2001) [26], soulignent en effet combien l'élevage des vers à soie, le dévidage des cocons, l'assemblage des fils de soie et le tissage sont conjointement considérés comme des activités socialisatrices et moralisatrices strictement féminines. Mise en correspondance avec l'ensemble des activités textiles, la sériciculture participe ainsi à la subjectivation des individus d'un certain genre. Dans le cadre domestique, privé et feutré de la magnanerie et du métier à tisser se joue le modelage d'une femme à double facette, parmi de nombreuses autres, femme-nourricière d'une part, femme-tisseuse d'autre part, capable, entre autres par son travail, sa minutie, sa patience et son endurance, de donner corps à des fils puis à des tissus, qui en tant que biens échangeables hautement valorisés, lui permettent de participer aux prestations sociales et de s'inscrire, via son mariage, dans des cercles familiaux, culturels et villageois (VALLARD 2012). En tant que telle, la sériciculture catalyse dès lors des modes d'être humain qui dépassent la seule coprésence aux lépidoptères et qui s'inscrivent dans des rapports plus étendus au monde, à la reproduction et à l'éducation, au maintien de la vie et à la mort, des espèces séricicoles certes, mais aussi de ceux qui les côtoient de manière plus ou moins ténue au quotidien.

Un maillage séréricole national

Les imaginaires comme les images sociales de la «soie thaïe» et sa réputation internationale se sont élaborés à partir de programmes de promotion de ces pratiques féminines et du travail artisanal des fibres en relation avec le déploiement de l'identité nationale thaïlandaise (KOIZUMI 2009, GRAHAM 2013). La filature manuelle produisait en 2007 un peu plus des trois quarts des fils de soie fabriqués en Thaïlande (EU-Thailand Thai Home Textiles Project 2007). Les organismes nationaux évoquaient entre trois cent mille et cinq cent mille le nombre de maisonnières travaillant la soie dans les années 1990, et un peu moins de cent quarante mille en 2008 dont cent cinq mille s'y consacrant en complément de la riziculture ou d'autres activités agricoles (BOONCHOO 2008) [28]. L'histoire moderne de la sérériculture thaïlandaise se fonde toutefois aussi sur des filatures et des ateliers de tissage mécaniques. En 2005, une dizaine de filatures industrielles, dont une de grande ampleur installée à Phetchabun, comptait ainsi pour près d'un quart de la production nationale de fils (Eu-Thailand Thai Home Textiles Project 2007) et occupait en 2007 au moins sept mille maisonnières de sériculteurs (BOONCHOO 2008).

Le secteur séréricole et la filature industrielle comme artisanale ont bénéficié de plusieurs séries de politiques initiées au fil du XX^e siècle par les gouvernements successifs, surtout après la Seconde Guerre mondiale (KOIZUMI 2009). Il s'agissait notamment de substituer une production strictement nationale aux importations, principalement depuis la Chine et le Japon, de fils de soie employés dans l'industrie du pays. La sérériculture était également vue comme un moyen de sécuriser les zones rurales pauvres du nord-est du pays de peuplement lao et khmer face aux incursions communistes en vigueur pendant la guerre froide en les développant économiquement et en les intégrant au «corps géographique» (WINICHAKUL 1994) de la nation thaïlandaise (KOIZUMI 2009). Dans une optique singulièrement nationaliste et dans un contexte géopolitique régional brûlant, ces politiques mettaient l'accent sur la «thaï-sation» des activités séréricoles et des textiles produits. La construction de la soie comme matériau «thaïlandais» est ainsi un bon exemple de «tradition inventée» réalisée après les années 1950 en effaçant toute mention aux soies «lao» et «khmère» (KOIZUMI 2009). A cet égard, un décret royal (1960) spécifia par ailleurs les activités réservées aux Thaïlandais. L'élevage des *B. mori*, la production de soie et de fils de soie ainsi que leur tissage étaient désormais des activités interdites aux étrangers (KOIZUMI 2009). Cette décision n'était pas sans paradoxe dans un pays où la renommée internationale de la «soie thaïe» ne doit pas seulement aux initiatives promotionnelles et développementalistes de la reine Sirikit, véritable icône du renouveau dans ce domaine, mais à l'activité entrepreneuriale d'un ressortissant américain (KOIZUMI 2009). La compagnie que ce dernier a fondée en 1948 compte d'ailleurs toujours comme l'une des entreprises privées les plus importantes du secteur et sans doute la plus renommée sur la scène internationale.

Les premières politiques publiques en matière séricicole sont toutefois plus anciennes. Elles puisent leurs racines au tournant du XX^e siècle quand le gouvernement siamois lança une série d'initiatives en faveur du développement de ce secteur économique. Celles-ci s'inscrivaient dans un mouvement général de «modernisation» du pays lancé sous l'impulsion de la monarchie face à la pression grandissante des puissances coloniales occidentales présentes à ses frontières (WINICHAKUL 1994, PELEGGI 2002). A la faveur d'une mission spontanée de chercheurs japonais [28] (BROWN 1980), le gouvernement décida de mettre à niveau la sériciculture siamoise aux standards du marché mondial de l'époque. Les enjeux technologiques concernaient l'ensemble des étapes de cette filière, depuis la sériciculture jusqu'à la filature, éventuellement le moulinage et finalement le tissage. Les techniques culturelles et transformatrices de la soie étaient en effet considérées comme inadéquates et peu performantes en regard notamment des pratiques japonaises qui constituaient le standard international de l'époque. Les fils et les tissus étaient aussi jugés grossiers et irréguliers, loin des idéaux d'uniformité et de finesse attendus par les marchés européens et, plus tardivement, américains (BROWN 1980).

Depuis 1902 et la mission du Dr Kametaro Toyama — un spécialiste japonais de la sériciculture qui a participé à l'exploration des lois «redécouvertes» de Mendel à l'appui de l'hybridation du *B. mori* (ONAGA 2010) —, de nombreux experts se sont succédé afin d'«améliorer» l'industrie séricicole thaïlandaise avec des résultats mitigés selon les programmes et les périodes (BROWN 1980, OTSUKA 1982). En se fondant sur le modèle japonais, ces projets ont avant tout misé sur l'introduction (le «transfert») de «nouvelles technologies». Celles-ci allaient «de variétés améliorées de vers à soie à de nouvelles méthodes pour leur élevage et la culture des mûriers, et [aussi à] de nouveaux instruments pour le dévidage et le tissage [notamment] parmi les populations locales du plateau de Korat» (KOIZUMI 2009 [29]) où a été fondé le premier centre séricicole expérimental du pays. Au cours des premières années, il semble toutefois que le gouvernement ait promu l'usage d'un matériel séricicole *low-tech* au détriment de techniques plus *high-tech* alors employées au Japon. Dans le contexte géopolitique, économique et administratif tendu du façonnage de l'Etat-nation par la monarchie, il s'agissait de ne pas perturber l'industrie séricicole existante, notamment dans les régions en cours d'intégration au corps national. Pour ce faire, les autorités ont choisi de privilégier l'autosuffisance des filières domestiques et ne se sont pas investies dans la création de filatures industrielles et de structures de grainage à large échelle que le secteur public n'était de toute façon pas en mesure de financer (BROWN 1980). *In fine*, c'est donc bien après la Seconde Guerre mondiale, avec l'engagement de la reine Sirikit dans la promotion de la sériciculture, les politiques de substitution aux importations des années 1960 et l'implication du secteur privé originellement très concurrentiel que ces «nouvelles» technologies ont commencé à être utilisées à grande échelle.

En matière séricicole, le centre de l'activité gouvernementale s'articule autour du Département de la sériciculture (*kromhmonhmai*) officiellement établi en 2009 sous le haut patronage de la reine Sirikit et nommé en son honneur, le *Queen Sirikit Department of Sericulture* (QSDS). Ce centre est l'héritier de la première station séricicole établie par K. Toyama et le prince Phenphatanaphong (sous le contrôle du ministre de l'Intérieur, le prince Damrong) (BROWN 1980) ainsi que des multiples instances en charge de la sériciculture depuis lors. Sous tutelle du ministère de l'Agriculture et des Coopératives, son propos est d'améliorer l'organisation des filières séricicoles artisanales en renforçant leur intégration et leur management. Sa mission vise notamment à soutenir l'économie rurale thaïlandaise et à développer durablement les communautés villageoises [30]. Pour ce faire, il coordonne des recherches sur les variétés séricicoles, sur les techniques d'élevage et sur les traitements post-cocons (filage, tissage) (fig. 4). Il promeut ces techniques auprès des sériciculteurs, fileurs et tisserands qu'il assiste également en ce qui concerne la commercialisation des produits finis et le développement des standards de qualité à l'échelle de la communauté villageoise (EU-Thailand Thai Home Textiles Project 2007). Il est aussi en charge du grainage des variétés natives multivoltines ainsi que des hybrides multibivoltins de *B. mori* (issus d'un croisement entre un parent bivoltin étranger et un parent multivoltin natif), autrement appelés «hybrides thaïs» qui ont été produits au fil du XX^e et du début du XXI^e siècle et de la protection des savoir-faire afférents [31]. Afin de réaliser sa mission de «conservation des traditions locales et de développement de la soie thaïe selon les standards internationaux» (Queen Sirikit Department of Sericulture 2012), le QSDS maille l'ensemble des régions séricicoles du pays. En plus du centre national basé à Bangkok, son activité s'organise ainsi autour de cinq bureaux régionaux (Phrae, Kanchanaburi, Chumphon, Udonthani et Nakhon Ratchasima-Korat) et de vingt et un centres provinciaux. Au plus proche des sériciculteurs, fileurs et tisserands qui font vivre l'artisanat textile thaïlandais, ces centres se sont progressivement spécialisés autour de certaines des missions du QSDS comme, par exemple, à Khon Kaen autour de la recherche et de l'information du public sur les maladies qui touchent les variétés multivoltines natives de *B. mori* (pébrine, flacherie, muscardine, etc.) et les mûriers, leur identification à partir d'échantillons fournis par les éleveurs ainsi que la conservation, la reproduction et la promotion de certaines variétés séricicoles natives et hybridées.

En dehors de certains programmes du QSDS auxquels les praticiens de la soie sont activement incités à participer via des associations professionnelles, des politiques locaux auxquels ils sont affiliés ou des groupes de travail villageois dont les produits sont certifiés par ses labels (*cf. infra*), les centres provinciaux leur offrent un support ponctuel et à la demande. Quand les éleveurs sont à court d'œufs de *B. mori* après la saison sèche ou quand la maladie touche leur élevage et celui de leurs proches, ils ont, par exemple, recours aux graines préparées par les centres qui vendent un gramme d'œufs [32] pour la somme modique de trente bahts (moins d'un euro). Dans ces élevages publics, les graines sont produites

en laboratoire dans des environnements aux règles d'hygiène strictes. Avant leur distribution, elles subissent également des contrôles au microscope afin de s'assurer de l'absence de maladie et ainsi de préserver la santé des populations de *B. mori* alimentant les exploitations domestiques [33]. Et, tandis que les sériciculteurs peuvent eux-mêmes élever et reproduire les variétés multivoltines jusqu'à la saison sèche suivante ou jusqu'à ce qu'ils observent un déclin considéré comme trop important de leur qualité (baisse de la productivité des chenilles en termes de quantité et de qualité de soie produite, mauvaise santé et faible constitution des individus, etc.), ils dépendent des services de grainage du QSDS à chaque nouvel élevage des variétés multibivoltines maintenues par leurs soins.

Dédié au développement et au soutien d'un artisanat textile domestique, relativement autonome, tout en étant concurrentiel et respectueux des standards de qualité des marchés nationaux et internationaux, le QSDS assure ainsi une fonction publique d'appui aux sériciculteurs sans les contraindre à des engagements contractuels. Les liens qui les unissent forment un «maillage» lâche et fluide, un «réseau de relations» vécu, toujours changeant (INGOLD 2011 [2007]), qui contraste fortement avec un autre type de maillage séricicole, celui constitué par la contractualisation des sériciculteurs par les filatures privées, en particulier celle basée à Phetchabun ethnographiée dans le cadre de cette étude.



Fig. 4. — Deux femmes discutant de la qualité des fils de soie lors d'un stage de teintures naturelles organisé par le QSDS, Mahasarakham 2012.

Filatures industrielles et patronages séricicoles

A la faveur des politiques encourageant la sériciculture et le traitement post-cocon à l'échelle nationale comme substitut aux importations de fils de soie, la filature de Phetchabun — comme d'autres — s'est équipée, dès sa fondation (en 1968), de machines de conception japonaise grâce notamment à des partenariats commerciaux conclus avec deux entreprises basées dans ce pays. Ces machines massives, extrêmement rapides, semi-automatisées et traitant une vingtaine de bassines alimentant chacune deux à trois bobines de fils, tournent à plein régime dès cinq heures du matin jusqu'à cinq heures du soir. Le hangar où elles sont entreposées résonne alors en continu d'assourdissants bruits mécaniques (certains employés travaillent avec des casques ou des bouchons d'oreilles). L'air y est brûlant de la chaleur dégagée par les moteurs, saturé de l'humidité des bains chauds dans lesquels trempent les cocons (usuellement 30-45°) et envahi de l'odeur acide de la soie et des lépidoptères bouillis.

Tout au long de la chaîne de dévidage, les cocons — préalablement cuits — baignent dans une eau chaude afin d'en ramollir le grès. D'abord brossés mécaniquement afin d'en retirer les filaments lâches extérieurs, ils sont ensuite automatiquement saisis par la machine qui alimente, par un système de valves, les différentes bassines en cocons. Les bobines que portent ces machines installées en rangées de plusieurs dizaines de mètres de long tournent à un rythme soutenu entraînant dans leur danse les fils et les cocons qui se dévident progressivement. Équipées de contrôleurs automatiques de denier — unité utilisée pour le titrage des fils de soie correspondant au poids en grammes de neuf mille mètres de fil —, les machines calibrent à tout instant le nombre de brins de soie saisis et de cocons dévidés par fil produit. Selon les titres attendus, une succession de guides mécaniques sélectionnent ainsi entre deux et dix cocons pour composer un fil d'une extrême finesse et régularité en comparaison des soies dévidées manuellement dans les espaces domestiques. Le personnel, discret, semble peu nombreux face à cette intense activité mécanique qui traite quotidiennement un volume considérable de cocons [34]. Les femmes, une à deux par ligne de dévidage, s'occupent principalement des problèmes de fils cassés et de cocons emmêlés [35]. Les hommes, quant à eux, règlent les machines engorgées et les mécaniques enrayées. L'usine semble ainsi respecter les orientations professionnelles de genre privilégiées dans les campagnes thaïlandaises.

Afin de préparer des écheveaux aux standards internationaux (longueur et poids), les filaments de soie, qui ont subi une très légère torsion au cours de leur dévidage facilitant leur agrégation, sont rembobinés sur de plus larges dévidoirs (circonférence de 150 cm) en de grosses flottes, c'est-à-dire en un regroupement normé de plusieurs écheveaux. Pendant cette étape qui requiert d'autres machines installées sous la même halle, la soie est séchée à l'aide de flux d'air chaud. Elle y gagne un peu plus d'uniformité et de torsion, cette étape permettant d'éliminer les dernières irrégularités et traces de grès tout en la solidifiant. La soie sensible

à la lumière du soleil, à la chaleur et aux attaques de champignons est ensuite conservée dans des conditions atmosphériques spécifiques où, entre autres paramètres, sont contrôlées la luminosité, la température, l'humidité et la prolifération de vermines. Les écheveaux pourront par la suite être vendus tels quels, ou bien après que les fils auront été tordus, retordus et teints, selon les commandes.

A toutes les étapes du traitement des cocons de soie en fils, des échantillons sont régulièrement et aléatoirement prélevés afin de vérifier leur adéquation aux standards de qualité de l'entreprise qui sont ceux des marchés internationaux. Un laboratoire ad hoc, attaché aux espaces de la filature, est ainsi équipé de machines calibrées pour vérifier l'uniformité des fils produits, leur finesse, leur écart de taille, leur poids, leur densité, leur résistance, leur couleur, leur propreté, leur élongation, leur cohésion, etc. Ce qui caractérise les filières industrielles réside en effet dans la standardisation des procédures, le calibrage des machines, la routine des gestes mécaniques, l'ensemble concourant à la fabrication de fils de soie normés répondant à un cahier des charges particulièrement strict.

Tandis que la filature industrielle s'attache à contraindre à des standards mécaniques des organismes et une matière vivante, elle est tributaire d'au moins trois contraintes financières et techniques majeures. Elle doit d'abord pouvoir mobiliser un capital d'investissement suffisant pour assurer à la fois l'achat et l'entretien des machines ainsi que leur alimentation constante en eau de qualité contrôlée (pH, dureté, etc.), en électricité et en main-d'œuvre. Elle doit aussi s'assurer d'un approvisionnement constant et suffisant de cocons afin de suivre son haut débit de production, les machines ne fonctionnant pas sous un certain seuil d'approvisionnement en matière. Or, ces cocons doivent être capables de supporter la vitesse de dévidage que les mécaniques leur imposent. Ils doivent ainsi être faciles à filer et pour cela leur soie ne doit pas être trop emmêlée et leurs filaments doivent être suffisamment longs (au moins 1 000 m) pour fournir une quantité minimale de matière utilisable en continu (au moins 20 % de leur poids). Or, ces cocons ne sont pas produits par les variétés natives de *B. mori*, mais par des variétés hybridées au fil des générations dans les zones tempérées d'Asie du Nord et de l'Est, au Japon notamment. Dans ce pays, les variétés biologiques et les machines qui sont utilisées pour étouffer les chrysalides, tirer la soie, la mouliner et encore la bobiner et la tisser ont été conjointement façonnées au cours des années de mécanisation, puis d'automatisation des filières séricicoles. Et, alors que la sériciculture a participé à son émergence économique sur la scène internationale (LI 1982, FEDERICO 1994), le Japon est désormais l'un des leaders mondiaux de la conception, de la production et du commerce non pas de cocons et de fils de soie brute — qui ont dramatiquement décliné depuis les années 1960 (DATTA & NANAITY 2007) —, mais de variétés biologiques travaillées en laboratoire (KIYOKAWA 1981, 1984a; ONAGA 2010) et d'équipements (KIYOKAWA 1984b, WITTNER 2008) qui pourvoient les filatures et les ateliers de tissage industriels à travers le monde [36].

Afin de résoudre ces limites techniques, la filature industrielle de Phetchabun a, d'une part, développé une activité de graineur de variétés hybridées de

B. mori (cf. *infra*) et, d'autre part, contractualisé les sériciculteurs des régions où elle s'est établie, créant de nouveaux espaces séricicoles à la frontière entre le nord-est et le nord du pays. En échange d'une réduction sur le tarif des graines de *B. mori* hybridés produites par ses laboratoires et des plants de mûriers afférents à leur élevage, les sériciculteurs s'engagent à vendre à l'entreprise l'ensemble de leur production coconnière. Dans ce cadre relationnel, ce n'est pas seulement du matériel biologique qui est échangé, mais également des informations visant la réussite des élevages. Il faut dire que les infrastructures, les dispositifs techniques ainsi que les modes organisationnels de ces derniers diffèrent de la sériciculture artisanale dont nous avons vu qu'elle était le plus souvent saisonnière, complémentaire de la riziculture, domestique et féminine. Dans la sériciculture contractuelle, les hommes coopèrent en effet avec les femmes, le plus souvent avec leur épouse et/ou leur mère, dans les soins apportés aux plantations de mûrier et aux *B. mori*. Ces derniers quittent d'ailleurs les espaces feutrés de la maison pour des magnaneries ad hoc dans lesquelles l'atmosphère comme les litières font d'autant plus l'objet d'une attention constante que les hybrides sont plus sensibles aux conditions hygiéniques et atmosphériques que les variétés natives. Alors que la sériciculture est relativement récente dans cette région et que de nombreux sériciculteurs sont nouveaux dans ce champ d'activité, la filature suit étroitement l'évolution de leur production via des intermédiaires locaux qu'elle mandate pour maintenir un lien étroit avec les éleveurs, en particulier pendant la haute saison qui correspond à la saison des pluies. En charge de la livraison des graines, des visites de contrôle ainsi que de l'organisation des calendriers de remise des cocons au siège des filatures, ces intermédiaires forment aussi les sériciculteurs et les informent sur les procédures à suivre (fig. 5).

Dans ces relations au plus près des mûriers et des chenilles, s'échangent de manière informelle sur le terrain même des exploitations agricoles des directives et des conseils standardisés venant de la direction. Toutefois, les sériciculteurs font également part de leur expérience aux formateurs qui les visitent et mentionnent les adaptations organisationnelles et techniques qu'ils ont personnellement développées. Après évaluation, celles-ci deviennent parfois des consignes pour l'ensemble des sériciculteurs contractualisés. Ces préconisations et savoir-faire, une fois standardisés, sont également véhiculés par d'autres canaux de diffusion. Grâce à un financement d'un montant de cent quatre-vingt mille euros de la *Dutch Development Bank* (FMO) obtenu en 1987, la filature de Phetchabun a mis sur pied une organisation sans but lucratif dont l'activité se concentre sur la formation séricicole des agriculteurs. Dans le centre dédié, les cours portent à la fois sur la culture du mûrier et sur la production coconnière. Une fois formés à ses protocoles, les nouveaux sériciculteurs sont contractualisés par la compagnie, leurs connaissances et pratiques étant périodiquement actualisées tout au long de leur engagement. L'entreprise publie parallèlement une « lettre » mensuelle diffusée auprès de ses sériciculteurs via l'Association des fermiers séricicoles. Si ces échanges se déclinent souvent sur le mode de conseils culturels, ils s'incarnent aussi dans des injonctions contraignantes, voire coercitives.

C'est notamment le cas concernant l'usage des intrants et des différents matériaux employés pour la sériciculture qui sont, pour certains, commercialisés par la compagnie elle-même à l'instar des détergents pour la magnanerie, des filets en plastique pour le coconnage ou encore des poudres déshydratantes, désinfectantes et antiseptiques répandues sur les lépidoptères au stade larvaire. En tant que partenaire privilégié, la compagnie, via ses intermédiaires locaux et ses agents de formation, tend ainsi à exercer un monopole sur la fourniture de ce matériel indispensable à la bonne marche des élevages ainsi que sur les connaissances et pratiques séricicoles, suscitant dès lors un attachement et un contrôle d'autant plus étroit des sériciculteurs contractualisés.



Fig. 5. — Contrôle d'une ferme séricicole sous contrat avec une filature industrielle, Phetchabun 2013.

Tandis que les éleveurs de vers à soie sont dispersés sur les territoires séricicoles, ces contrats s'inscrivent souvent dans le cadre de relations plus ou moins étroites de type patron-client, considérant les éleveurs comme des clients face aux filateurs (SCOTT 1972). Ce lien hiérarchique et volontaire d'intérêt et d'affection, voire d'amitié, largement instrumental, engage les deux parties dans des droits et des devoirs réciproques qui, pour le patron, s'incarnent dans la protection de ses clients et, pour ces derniers, dans une allégeance sans faille et une aide pour divers services. Ces relations s'ancrent dans l'histoire ancienne de la région, et notamment dans le régime féodal Sakdina qui consistait en un emboîtement des clientèles/patronages en une structure pyramidale gérant entre autres la répartition des terres selon le rang des individus. Or, au début du XXI^e siècle, «rares sont les Thaïlandais [...] qui envisagent leur devenir social hors de la protection [de ces «patrons»] désormais conçus comme “gens de pouvoir” ou “gens d'influence”, la sécurité qu'ils apportent par leur entregent ou leur richesse faisant écho à la loyauté de leurs clients» (FORMOSO 2000). L'accès à

l'emploi comme à d'autres dimensions de l'activité économique reste ainsi, pour une bonne part, régi par des relations de ce type (FORMOSO 2000). Par ailleurs, ces nœuds d'interdépendance entre les individus se déclinent également dans le champ du politique. Ainsi, à Petchabun, la famille fondatrice de la filature industrielle, qui inscrit ses activités dans d'autres secteurs agroalimentaires comme la production de fruits et la pisciculture, ne se contente pas de tenir l'économie de la région, surtout en termes d'emplois; elle est aussi aux commandes de responsabilités politiques, certains de ses membres ayant été à la tête des instances locales et régionales pendant plusieurs décennies, d'autres songeant à poser leur candidature à certains mandats politiques à la faveur d'un changement générationnel [37].

L'un des moments forts des relations contractuelles entre les sériciculteurs et la filature est la livraison des cocons. Ces derniers quittent alors définitivement les magnaneries où ils ont été produits et pénètrent dans les espaces industriels où ils vont être transformés en fils. Leur entrée est toutefois soumise à l'évaluation serrée de leurs propriétés à partir d'un échantillon de cinquante cocons prélevés au hasard dans chaque récolte qui servira à établir leur grade et, de manière concomitante, le montant des rémunérations versées aux sériciculteurs (fig. 6). Ceux-ci sont présents tout au long de l'examen de l'échantillon et de l'établissement du prix d'achat. Le dispositif d'évaluation et de qualification mis en place par l'entreprise vise toutefois à limiter, et même à décourager, toute discussion, négociation, voire contestation, des quantités et des qualités établies par la filature et, corrélativement, des prix auxquels elle consent. Cette procédure, pérenne et standardisée, fait l'objet d'un affichage en images de toutes ses étapes dans le hangar de réception des sériciculteurs et des marchandises (fig. 7). Elle est également publiée de manière répétée à la saison principale du coconnage dans la «lettre» mensuelle déjà mentionnée. Sur le terrain de la filature, dans le temps suspendu de l'échange, les sériciculteurs contractualisés ne peuvent dès lors que difficilement refuser ces qualifications et les prix pratiqués [38]. Il ne faut cependant pas croire qu'ici «le capitalisme industriel domine [totalement] la petite agriculture» séricicole, comme c'était le cas au XIX^e siècle dans les Cévennes (CLAVAIROLLE 1992). Les relations entre patrons et clients favorisent en effet l'existence de marges de manœuvre, même ténues, pour les sériciculteurs, la plus radicale consistant à ne pas reconduire leur contrat avec la filature. Il faut dire que la production séricicole chinoise, de nouveau hégémonique, redessine depuis plusieurs décennies les mondes séricicoles internationaux. Si ce quasi-monopole influe directement sur les cours mondiaux de la soie, il participe aussi, en Thaïlande, à une certaine désaffection pour l'élevage des vers à soie et à une pénurie de cocons. Les soyeux industriels thaïlandais entrent ainsi en concurrence avec d'autres secteurs économiques pour l'accès aux sériciculteurs qui n'est pas sans rappeler celle dans laquelle s'engageaient les princes des anciennes royautes thaï qui cherchaient à étendre leur sphère d'influence, non pas tant sur les espaces et les terres que sur les êtres humains, leur force de travail et leur savoir-faire. A Phetchabun, ce moyen subtil de pression

semble s'être traduit — mais cela reste à vérifier — par un adoucissement, même timide, des pratiques managériales en vigueur à la faveur notamment d'un changement directorial et de l'arrivée d'une nouvelle génération formée à l'étranger aux commandes de l'entreprise familiale. Contrastant avec le maillage lâche des organismes publics, les filatures privées maintiennent toutefois ce réseau en étoile qui repose sur une organisation hiérarchique autour d'un centre. La filature industrielle fournit pour ceux qu'elle s'attache à la fois les moyens de production et les débouchés commerciaux tout en restreignant la fluidité des relations extérieures et limitant les négociations potentielles des pratiques.



Fig. 6. — Evaluation des qualités des cocons à partir d'un échantillonnage sous l'œil des sériciculteurs, filature de Phetchabun 2013.



Fig. 7. — Affichage des procédures de réception et d'évaluation des cocons, filature de Phetchabun 2013.

Standardiser, certifier et patrimonialiser les espèces séricicoles

Dans la filature industrielle de Phetchabun, les procédures d'évaluation mises en place au moment de l'achat des matières premières se poursuivent par après, non plus sur un échantillon, mais sur l'ensemble de la production de chaque sériciculteur. Livrés en vrac, les cocons font l'objet d'un tri soigné par une armada d'ouvrières en lots qualitativement homogènes afin d'être le plus adéquatement traités à l'étape suivante de la chaîne de transformation de la soie. Ils sont sélectionnés à la lumière blanche, d'abord en fonction de leur taille, de leur propreté, de leur couleur et aussi de leur forme, puis en chambre noire, alors que les tapis roulants sur lesquels ils circulent les éclairent par-dessous, en fonction du stade de développement des chrysalides, de leur vitalité et de la propreté interne des capsules. Dans ce jeu de clair-obscur se dessine, à force de sélections successives, ce cocon calibré, normé, presque « parfait » selon les standards de la filature industrielle. Cette enveloppe soyeuse est issue de variétés hybrides bivoltines étrangères de *B. mori* dont la compagnie a le quasi-monopole sur le marché domestique puisqu'elle produit environ 75 % des fils de soie de ces variétés de lépidoptères qui y sont vendus (EU-Thailand Thai Home Textiles Project 2007). Ce cocon se distingue de ceux produits par les variétés natives et par les hybrides thaï par sa grosseur, son importante densité de matière utile pour la filature, la longueur de son filament (entre 600 et 1 500 m) et aussi sa blancheur éclatante. Pour la filature industrielle, le recours aux hybrides étrangers, et dans une moindre mesure aux hybrides thaï, était nécessaire du fait de ses carnets de commande et de l'impossibilité de dévider mécaniquement et à grande vitesse les petits cocons aux filaments fins et courts des variétés natives de *B. mori*.

Les hybrides étrangers utilisés dans le cadre de cette filature sont créés dans les laboratoires de recherche et développement de l'entreprise sous la direction de l'une des filles du fondateur formée au Japon en biologie et en génétique du *B. mori*, ses frères et sœurs se spécialisant dans d'autres secteurs susceptibles de développer les activités de la compagnie (marketing, management, communication, gestion, etc.) [39]. Ces hybrides sont façonnés à partir de lignées pures étrangères bivoltines de *B. mori*, originaires principalement du Japon et de Chine, qui sont maintenues de génération en génération par des éleveurs attentifs. Par croisement et sélection, les chercheurs mettent ainsi à profit les découvertes en génétique initiées notamment par K. Toyama sur l'hétérosis, c'est-à-dire l'augmentation des capacités ou de la vigueur d'un hybride par rapport aux lignées pures de ses parents (ONAGA 2010). Travaillant le vivant, ils façonnent des variétés « améliorées » qui sont adaptées à la fois au climat tropical, aux pratiques culturelles locales et aux techniques industrielles. Nommés et patentés au nom de l'entreprise, ces hybrides stabilisés témoignent d'une double « appropriation » du vivant (CHEVASSUS-AU-LOUIS 2000). En effet, les caractéristiques des *B. mori* utilisés, désormais prédictibles d'une génération à l'autre, sont non seulement travaillées pour être « appropriées » aux milieux et aux économies

humaines où elles sont impliquées, mais les chercheurs en maîtrisent la reproduction et la diffusion, notamment en les inscrivant dans le cadre d'une législation au droit à la propriété intellectuelle [40].

Contrairement aux variétés natives multivoltines, qui font l'objet d'un grainage domestique, ces variétés «améliorées» doivent — comme les hybrides thaï — être obtenues de saison en saison par les sériciculteurs auprès des graineurs, ici auprès de la filature qui les contractualise. Ces hybrides connaissent en effet une régression à la seconde génération et aux suivantes des caractéristiques pour lesquelles ils ont été précisément sélectionnés et façonnés, ce qui limite leur diffusion. Depuis quelques années, en Thaïlande comme dans les autres pays séricicoles, au Japon et en Chine singulièrement, les chercheurs travaillent d'ailleurs activement à la création de variétés non seulement modifiées à l'échelle moléculaire par génie génétique, mais stériles qui permettront un contrôle total sur le grainage. Tout en contenant la prolifération des nouvelles générations de ces organismes génétiquement modifiés, tel que préconisé par le Protocole de Carthagène (CHETAILLE 2006), les mécanismes de contrôle de la reproduction de ces êtres vivants renforceront la dépendance des sériciculteurs et leur contractualisation avec les graineurs (THOMAS 2006). Les entreprises de filature qui développeront des activités de grainage de leurs propres variétés stériles de *B. mori* concentreront en effet toutes les étapes de la filière, depuis le gène jusqu'au fil.

Tandis qu'«en l'espace de cinquante ans, le statut de la matière vivante est [...] passé d'une conception d'objet naturel, dont on pouvait certes découvrir mais non s'appropriier les composantes, à celui d'une invention issue de l'industrie humaine, pouvant être aussi strictement protégée que toute autre création humaine originale» (CHEVASSUS-AU-LOUIS 2000), le contrôle du grainage et le maintien de «lignées pures» de *B. mori* ne sont pas, en Thaïlande, l'apanage des seules filatures privées et filières industrielles. Via le QSDS, le gouvernement thaïlandais encourage l'identification, l'inventaire, la conservation, la protection et la promotion des variétés natives de *B. mori* et de mûrier, ainsi que des hybrides «historiques» thaï. Les instances publiques ont ainsi initié la cartographie des espèces séricicoles natives, renseignant pour les lépidoptères l'histoire des différentes variétés rencontrées sur le territoire national lors des collectes, leur origine géographique, les modalités et dates de leur entrée dans le catalogue, leurs caractéristiques morphologiques à chaque stade de développement, et plus particulièrement à l'état de graine, de chenille et de cocon (poids, taille, couleurs, forme, etc.), leurs caractéristiques physiologiques (nombre d'œufs pondus par femelle, durée des différentes phases de développement), ainsi que donnant des renseignements et des statistiques sur la production de soie selon les saisons (difficulté relative de dévidage, proportion de matière «utile», longueur du filament de soie, etc.). Elles cataloguent également les hybrides thaï qui sont les héritiers des recherches de K. Toyama sur le territoire siamois. Alors que ce dernier échoue à son époque à implanter en Thaïlande des variétés bivoltines

japonaises, il a l'intuition que la création d'hybrides entre des lignées natives et des lignées importées [41] permettra un saut qualitatif de la production séricicole nationale (ONAGA 2010). Ces expériences d'hybridation reprises de 1969 à 1980 avec la coopération japonaise (PAYANUN 1995) ont permis de développer nombre d'hybrides [42] dont la plupart sont issus de croisements entre parents multivoltins et bivoltins, mais des variations existent (Multi x Multi, Bi x Bi, Bi x Multi ou (Multi x Bi) x Bi) (EU-Thailand Thai Home Textiles Project 2007). Ces hybrides ont la particularité de produire des cocons souvent jaunes de taille intermédiaire (filament d'une longueur entre 600 et 800 m) qui, s'ils sont principalement filés à la main, peuvent aussi être traités par des filatures mécaniques.

Le projet du QSDS inclut la caractérisation de l'empreinte génétique de ces différentes variétés et leur classification afin d'assurer à la fois la conservation des stocks et le développement de nouvelles lignées «améliorées» pour l'exploitation commerciale. Au fil de leurs enquêtes dans les régions séricicoles, les chercheurs ont montré, carte génétique à l'appui, que certaines variétés natives portant le même nom vernaculaire sont en fait des variétés distinctes et, au contraire, que des variétés nommées différemment appartenaient à une seule et même variété. Les échantillons prélevés formant collection sont désormais conservés dans des banques de gènes qui les reproduisent périodiquement. Ces variétés sont également rendues publiques sous la forme d'un catalogue qui reprend leurs caractéristiques morphophysiologiques ainsi que leurs empreintes génétiques (Queen Sirikit Department of Sericulture 2013). Elles sont finalement exposées périodiquement, comme ce fut le cas en août 2013 lors du salon du label *Royal Peacock* (cf. *infra*) à l'occasion duquel furent présentées quarante-deux lignées de variétés natives et d'hybrides thaï identifiées, une pour chacune des années que fêtait, cette année-là, la reine Sirikit, la patronne de la «soie thaïlandaise» (fig. 8).

Cet inventaire national répond à une double urgence: d'une part, celle du risque d'érosion de la biodiversité, et notamment de la diminution de la variabilité génétique des variétés cultivées — érosion intraspécifique (THOMAS 2006) — au fil de la diffusion des cultivars «améliorés», d'autre part, celle de la concurrence à venir pour l'usage des ressources phytogénétiques utiles en agriculture avec le projet de communauté économique de l'ASEAN dont la mise en œuvre est prévue le 31 décembre 2015. La Thaïlande a ainsi lancé des procédures de reconnaissance internationale pour une indication géographique (IG) relative à la «soie isan» auprès de l'Europe, de l'ASEAN et du Vietnam, l'un de ses concurrents les plus proches sur le marché mondial de la soie «tropicale». Comme le «riz jasmin» (*khao hom mali*) cultivé sur le plateau de Tung Kula Rong Hai dans le nord-est du pays ou le café de Doi Tung et Doi Chang de la région de Chiang Mai, cette reconnaissance s'appuie sur le caractère «unique au monde» de la «soie isan» du fait de son origine et de ses caractéristiques distinctives, sa couleur jaune d'or, son épaisseur et son irrégularité en particulier,

tous ces facteurs qui, pendant longtemps, en ont fait un matériau décrié par la filatures industrielles. Cette qualité «isan» attribuée à la soie et aux variétés biologiques qui la produisent conjointement avec les sériciculteurs a émergé récemment, les autorités lui préférant, par le passé, une affiliation nationale. Les trois types de soierie qui ont d'ores et déjà été reconnus comme IG en Thaïlande (*Praewa Kalasin Thai Silk*, *Chonnabot Mudmee Thai Silk* et *Lamphun Brocade Thai Silk*) sont par exemple présentés comme des déclinaisons, parmi de nombreuses autres, d'une «soie thaïe». Avec la «soie isan», l'échelle de référence se réduit à une région et met en exergue non pas seulement une ethnicité ou une nationalité qui se traduirait notamment par des motifs et des techniques de filage, de teinture et de tissage «hérités» et «transmis de génération en génération», mais la longue histoire que les espèces séricicoles entretiennent avec «la localité [...] depuis au moins 1 000 ans», et à laquelle elles «se sont adaptées via la sélection naturelle» (BOONCHOO 2008). En insistant sur le fait que les qualités de la «soie isan» sont intimement liées aux variétés de *B. mori* locales, cette demande de reconnaissance internationale agit dès lors selon deux mouvements complémentaires: elle culturalise en quelque sorte les variétés biologiques en les inscrivant dans un terroir et dans des pratiques culturelles spécifiques, ici «isan», et naturalise les pratiques séricicoles en faisant aussi reposer sur la génétique et l'adaptation biologique les propriétés intrinsèques des filaments de soie.



Fig. 8. — Les quatre-vingt-une variétés natives et hybrides «thaïs» identifiées par le QSDS, salon du label *Royal Peacock*, Bangkok 2013.

Dans ces inventaires et dispositifs législatifs se jouent à la fois des politiques commerciales sur un marché séricicole mondial particulièrement concurrentiel et des politiques culturelles prenant les matériaux pour objet. En Thaïlande, ces politiques poursuivent l'œuvre de «thaïsation» de la soie engagée de longue date, notamment par la Reine, sur la scène nationale et internationale (KOIZUMI 2009). Le QSDS a par exemple mis en place le *Royal Peacock Logo*, cette «marque de certification» qui promeut quatre qualités de soierie. Aux deux extrêmes de son spectre, ce label distingue, d'une part, les textiles produits en Thaïlande sur n'importe quel type de métier à tisser, dont la soie est le matériau principal, mais qui est mélangé à d'autres (*Green Peacock*). Elle identifie, d'autre part, les soieries qui sont travaillées manuellement d'un bout à l'autre de leur traitement en Thaïlande et dont les substances soyeuses sont issues de variétés de *B. mori* natives, et ce à la fois pour la chaîne et pour la trame (*Gold Peacock*). Tandis que la *thainess* des substances soyeuses, c'est-à-dire leur qualité ou leur manière d'être proprement thaï, se concentrait jusque dans les années 1990 dans le fait qu'elles étaient traitées sur le territoire thaïlandais, par des nationaux, la soie se niche désormais dans des techniques revendiquant une «ancestralité» et une continuité de la chaîne de transmission, non plus seulement à l'échelle de la nation, mais de la «région», du «terroir», et jusque dans les gènes des organismes biologiques qui la produisent, ces derniers étant, au même titre qu'elle, objet de patrimonialisation (fig. 9).



Fig. 9. — Mise en scène de la sériciculture «thaïe», salon du label *Royal Peacock*, Bangkok 2013.

Conclusion

La soie thaïlandaise est souvent promue sur les marchés nationaux et internationaux comme l'émanation d'un artisanat autosuffisant, héritier d'une culture thaï immémoriale et ancré dans les espaces domestiques des territoires ruraux souvent pauvres du pays. Ces discours promotionnels se fondent sur des stéréotypes romantiques très populaires, notamment dans les ouvrages traduisant une certaine nostalgie pour un passé thaïlandais imaginé et composite s'inspirant par exemple des pratiques séricicoles courantes jusque dans les années 1960. La sériciculture était alors un domaine d'activité exclusivement féminin, saisonnier, complémentaire de la riziculture et dans une certaine mesure autosuffisant à l'échelle villageoise, sinon domestique, même si des pratiques d'échanges commerciaux et tributaires existaient de longue date. Les femmes de la maisonnée et de la localité étaient responsables de l'élevage des vers à soie et de la transformation de leur substance soyeuse en fils, en tissus et en vêtements. Elles pourvoyaient ainsi aux besoins de leurs proches parents, de leurs voisins, voire des membres de leur communauté monastique. Initié par l'implication de la reine Sirikit dans la promotion de la «soie thaïlandaise», ce stéréotype trouve d'ailleurs une nouvelle assise ces dernières années à la faveur de la mise en place de divers dispositifs publics de labellisation des soieries promouvant par exemple la *thainess* ou l'origine «isan» des textiles certifiés, l'intégration à l'échelle de la localité ou de la région des filières textiles qui les fabriquent et le caractère manuel du travail des matériaux qui y prévaut.

Or, de nos jours, les femmes qui travaillent manuellement de bout en bout les brins textiles, depuis les lépidoptères qu'elles élèvent jusqu'aux tissus et aux vêtements qu'elles produisent, portent et commercialisent, sont rares. La division du travail, la sous-traitance et la spécialisation sont généralisées à toutes les étapes de la chaîne de fabrication de la soie. Cette fragmentation est due, entre autres facteurs, à la technicité requise à chacune des étapes du traitement des matériaux, aux politiques publiques séricicoles développementalistes promouvant par exemple le remplacement du grainage domestique par un grainage institutionnel, ainsi qu'à l'entrepreneuriat privé qui s'est emparé de segments de ces filières, de la filature particulièrement. Le secteur séricicole lie dès lors des praticiens de mondes sociotechniques variés, ainsi que des variétés biologiques et des techniques élaborées en dehors des espaces ruraux où les imaginaires les cantonnent, dans les laboratoires par exemple, parfois à une certaine distance. La soie est ainsi façonnée le long de chaînes d'associations à la stabilité relative formant des maillages plus ou moins denses de spécialistes, de commanditaires et de sous-traitants, notamment dans le nord-est du pays — cette région de peuplement tai-lao historiquement productrice de soie —, mais aussi à l'échelle nationale et internationale.

Au long de ces prémisses de cartographie séricicole thaïlandaise qu'il reste à affiner, au moins deux mondes sociotechniques se sont progressivement dessinés. Le premier travaille manuellement les cocons et domine le marché en termes de

quantité de praticiens impliqués et de soies produites. Il s'organise en un maillage lâche de relations mobilisées ponctuellement en fonction des besoins des sériciculteurs qui sont aussi souvent les fileurs de leur propre production coconnière. En première ligne des politiques publiques, ce monde où prédominent des dispositifs techniques artisanaux, disons *low-tech*, de transformation des filaments en fils est activement soutenu par les instances gouvernementales, en particulier par le Département de la sériciculture qui, placé sous le haut patronage de la reine Sirikit, lui confère son aura. Le second traite les cocons mécaniquement avec des machines industrielles importées, considérées comme *high-tech*. Il s'organise en étoile autour d'un nombre très restreint de filatures privées qui, pour la plus grande partie d'entre elles du moins, contractualisent les sériciculteurs et verrouillent leurs contrats d'exclusivité sur la production et sur les intrants qu'elle leur fournit. Alors que ces deux mondes ne partagent ni les mêmes infrastructures, ni les mêmes praticiens, ils privilégient tous deux différents types de variétés biologiques séricicoles. Le premier traite des variétés natives multivoltines de *B. mori*, le second des hybrides bivoltins importés d'Asie du Nord, du Japon en particulier où ils ont été façonnés en même temps que les machines industrielles qui transforment mécaniquement leurs cocons en fils. Ces mondes utilisent toutefois chacun des hybrides multibivoltins dits « thaïs » issus le plus souvent du croisement de lignées pures de multivoltins natifs et de bivoltins importés qui font, comme les variétés natives, l'objet de politiques de conservation publiques.

Ces mondes sociotechniques apparemment distincts se retrouvent ainsi sur le terrain de certaines des variétés séricicoles employées et des savoirs afférents à leur élevage, soulignant en creux les potentielles similitudes et interconnexions de leurs pratiques et praticiens qu'il reste à étudier. Ils se retrouvent plus encore sur le terrain de la gouvernance du vivant où ils entrent en concurrence pour la patrimonialisation des espèces séricicoles. Si les entreprises inscrivent les hybrides qu'elles créent au sein de leur patrimoine, les privatisant, l'Etat fait de même avec les variétés considérées comme « natives » ou « historiques » dont il libéralise l'usage à l'intérieur de ses frontières tout en le limitant en dehors d'elles. Chacun à leur manière, ces phénomènes d'appropriation des variétés séricicoles soulignent les enjeux non seulement économiques, mais éthiques et législatifs catalysés par la sériciculture mondiale, et ce d'autant plus que celle-ci se destine de plus en plus à d'autres secteurs que le textile. Après des millénaires d'intimité entretenue avec l'humain, le *B. mori*, comme le *M. alba* auquel il est lié, a en effet poursuivi sa carrière d'objet sociotechnique depuis les champs et les espaces domestiques jusque dans les laboratoires de génie génétique. « Bio-technologiques », ces organismes sont désormais travaillés à l'échelle de leurs « particules élémentaires » par des chercheurs ayant pour objectif la « maîtrise » absolue de leurs propriétés morphophysiologiques ainsi que celles des substances qu'ils produisent. A la fois organismes vivants et machines biologiques dociles, ils sont vus comme les « bioréacteurs » [43] ou les « usines » miniatures des médicaments et du matériel biocompatible avec les tissus humains de demain.

NOTES

- [1] Les recherches de terrain pour cet article ont été menées dans le cadre d'un financement du Fonds National de la Recherche Scientifique (FNRS). Des éléments de cet article ont été présentés à l'occasion des ateliers *Low Tech/High Tech* organisés par l'Artmap (<http://www.artmap-research.com/>) en 2011 et 2012. Je remercie les organisateurs (notamment D. Vidal et E. Grimaud) et les participants pour les échanges stimulants qui ont participé au mûrissement de ma réflexion. Je remercie également les membres de l'Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer pour leur accueil et les relecteurs pour leurs précieux commentaires.
- [2] Voir, par exemple, CAILLET (1989).
- [3] Le plus ancien cocon artificiellement coupé en deux a été découvert dans la province du Shansi en 1926. Daté de 2200-1700 avant notre ère (KUHN 1984; NEEDHAM & KUHN 1988, pp. 273-274), il a prêté à controverse quant à l'identification de l'espèce à laquelle il appartient. Il a été finalement reconnu non pas comme un cocon de *B. mori*, mais comme celui d'une autre espèce de Bombycidae, *Rondotia menciana* Moore. Les plus anciennes traces de cocons de *B. mori* remontent, quant à elles, à la dynastie des Tang (618-907) (KUHN 1979).
- [4] Je remercie S. Desrosiers de m'avoir signalé cette référence ainsi que pour sa lecture attentive. Pour des traces datant du troisième millénaire avant notre ère (2850-2650), voir NEEDHAM & KUHN 1988.
- [5] Je pense à trois Saturniidae, *Antheraea yamamai* Guérin-Ménéville au Japon, *Philoamia cynthia ricini* Boisduval et *Antheraea assamensis* Helfer en Inde et à un Lasiocampidae, *Borocera cajani* Vinson à Madagascar.
- [6] Depuis une dizaine d'années, on observe en Thaïlande et dans toute la région sud-est asiatique un intérêt croissant pour d'autres espèces séricicoles dites «sauvages». Leurs filières font l'objet d'une recherche en cours.
- [7] En 2010, la Chine et l'Inde contribuaient pour 98,78 % de la production mondiale de cocons frais (dont 82,22 % pour la Chine seule et environ 17 % pour l'Inde) et pour 98,89 % de fils de soie grège (dont 84 % pour la seule Chine et environ 15 % pour l'Inde). Le Brésil, loin derrière, occupait la troisième place juste devant la Thaïlande (POPESCU 2013). L'hégémonie de la Chine en matière séricicole est millénaire. Berceau de la sériciculture, ce pays offre des conditions écologiques, géographiques et démographiques extrêmement favorables. Par ailleurs, son industrie séricicole a bénéficié dans les années 1970 d'un effacement de grands pays producteurs de soie comme la Corée et le Japon. Depuis les années 1990, elle profite également de la libéralisation économique et de l'industrialisation du secteur qui a vu l'émergence d'un entrepreneuriat privé dynamique en marge des organismes étatiques qui contrôlaient jusqu'alors les filières (DATTA & NANAVATY 2007).
- [8] Les classements précédemment cités sont à relativiser du fait du déclin de la sériciculture au Brésil depuis 2010 et de l'émergence de nouveaux acteurs dont les statistiques officielles sont inexistantes ou peu fiables. C'est notamment le cas du Vietnam considéré par certains comme le troisième producteur mondial (9 %) de soie grège dès 2005 (EU-Thailand Thai Home Textiles Project 2007, p. 97). Ancien producteur de soie, le Vietnam a connu au XIX^e siècle un développement important de son industrie séricicole sous l'impulsion des «Soyeux Lyonnais», la quête de ce matériau précieux participant activement aux politiques de colonisation dans la région (KLEIN 2005). Le statut de producteur mondial de soie doit toutefois surtout aux politiques de développement de la sériciculture mis en place par le gouvernement dans les

- années 1980, puis à l'entrepreneuriat privé, souvent sous la forme de *joint ventures* après la libéralisation de l'économie dans les années 1990 (CLAVAIROLLE 1999).
- [9] Pour une présentation générale de la sériciculture, voir FIELD 2014.
- [10] Le nord-est du pays (l'Isan) assurerait 97,5 % de la production de fils de soie en Thaïlande (EU-Thailand Thai Home Textiles Project 2007, pp. 13-14) qui est un pays multi-ethnique. En dehors du nord-est du pays de peuplement lao, les régions anciennement productrices de soie comptent surtout l'est, de peuplement khmer. Le lao appartient à l'une des branches du groupe ethnolinguistique tai, comme le siamois (thaïlandais). Le khmer appartient quant à lui à une autre famille de langues de la région, le môn-khmer. La production de soie est attestée de Luang Prabang au bassin du Mékong (régions de peuplement lao) et dans la région de Korat (région de peuplement khmer) depuis le XIX^e siècle au moins. La sériciculture s'est poursuivie dans ces régions avec des variations d'intensité au fil du XX^e siècle et au début du XXI^e siècle. Pour une description de l'élevage des vers à soie au Cambodge dans les années 1960, voir DUPAIGNE 1984. Pour le XIX^e siècle, le coton et la région de Chiang Mai, voir BOWIE 1992, 1993.
- [11] Les données ethnographiques sur l'élevage des *B. mori* et sur les filatures ont été récoltées entre 2011 et 2013 dans les régions de Mahasarakham, Phetchabun, Khon Kaen et Bangkok.
- [12] Les déchets sont employés comme fertilisants et sont parfois consommés comme médicament (pour la Chine, voir MAU 2003).
- [13] Les maladies des vers à soie sont multiples et dévastatrices pour les élevages, comme ce fut le cas avec la pébrine et la flacherie en France et en Italie après 1853 (CLAVAIROLLE 2003, MAU 2001). La pébrine est une maladie transmissible de génération en génération qui est due à un protozoaire, une microsporie (*Nosema bombycis*); la flacherie est une maladie microbienne épidémique et extrêmement contagieuse due à plusieurs virus. En Thaïlande, la muscardine est aussi très présente. Elle est due à divers champignons qui parasitent la chenille. Voir LEGAY & CHAVANCY 2004.
- [14] Les cocons peuvent également être cardés puis filés à l'instar du coton. Ces traitements étant moins valorisés en Thaïlande comme sur les marchés internationaux, ils sont réservés aux déchets de soie de *B. mori* (cocons qui ne peuvent être filés car trop mous, mal formés ou percés) et aux cocons produits par certaines variétés séricicoles «sauvages» qui sont difficiles à dévider du fait notamment de la cohésion des filaments soyeux.
- [15] S. Desrosiers a attiré mon attention sur l'existence de documents découverts par Claudio ZANIER (2007) expliquant comment des femmes en Europe, à l'époque moderne, dévidaient des cocons percés. Elles profitaient du fait que les papillons secrètent une substance dissolvant le grès, leur permettant d'écarter les baves et de se glisser à l'extérieur sans véritablement casser les filaments de soie. Nous ignorons si ces pratiques existent également en Thaïlande ou si les variétés locales de *B. mori* qui produisent des cocons aux filaments très intriqués les rendent impossibles.
- [16] Le dévidoir est appelé «asple» dans la sériciculture française.
- [17] Après les années 1950, des modèles «améliorés» de tours à soie ont été introduits et diffusés dans la région. Développés en Italie (méthode à tavelle), ils comportent trois cylindres qui assurent le rôle de croiseur et de guide. Ils assurent le croisement régulier du fil sur le dévidoir (ce que ne permet pas la croisure manuelle) et lui donnent une torsion, ce qui contribue à le solidifier et à réduire les risques de cassure (S. Gullì, comm. pers.).

- [18] Les chrysalides sont considérées comme des friandises. Leur commerce assure un petit revenu complémentaire aux sériciculteurs. Face à la popularité grandissante de la consommation sur les marchés des chrysalides et aussi des chenilles, certains sériciculteurs se contentent désormais d'élever les lépidoptères pour le marché de l'alimentation.
- [19] La transcription du thaï a été réalisée selon le Système royal de transcription.
- [20] En tissage, la chaîne est constituée de l'ensemble des fils tendus sur le métier à tisser. La trame est constituée par l'ensemble des fils qui croisent transversalement ces fils de chaîne.
- [21] TAMBIAH (1969) souligne en effet cette distinction fondamentale entre les *sat ban*, les «animaux de la maison ou du village» (*domesticated animals*) et les *sat pa*, les «animaux de la forêt».
- [22] Le terme d'éducation est celui utilisé dans la sériciculture cévenole (CLAVAIROLLE 1994).
- [23] Dans les Cévennes, la «maternité [a été] adoptée comme modèle de la pratique» séricicole (CLAVAIROLLE 1994). En qualifiant d'«éducation» l'élevage des vers à soie, les séricicultrices insistent sur «la frontière qui sépare l'humanité de l'animalité... [l]a notion d'éducation désign[ant] un art essentiellement réservé aux humains, dont le dessein est d'orienter le développement intellectuel et moral de l'individu, de favoriser son adaptation sociale» (CLAVAIROLLE 1994).
- [24] B. Dupaigne évoque par exemple les pulvérisations d'alcool de riz sur les plateaux que les hommes font avec la bouche afin que les vers prospèrent, ces pratiques étant aussi employées sur les humains. Comme il le rappelle, «le souffle sec ou humide se [voit en effet] conféré chez les Isan [les habitants du nord-est thaïlandais] un caractère magique et des vertus thérapeutiques dans la mesure où, par le souffle, c'est une part du principe vital qui est transmis à l'être ainsi soigné» (DUPAIGNE 1997). Il évoque également l'acte de «faire donner aux vers nouvellement éclos leur première ration de feuilles de mûriers par un enfant en bas âge entièrement nu, ceci afin qu'ils prospèrent à l'image de l'enfant qui devait accompagner son geste des paroles suivantes: "Beaux, beaux, devenir beaux!"» (DUPAIGNE 1997).
- [25] Au Cambodge voisin, un regain de ferveur bouddhique après les cérémonies qui ont marqué, en 1957, le deux mille cinq centième anniversaire de Bouddha, a entraîné une baisse de la production de soie. Les moines faisaient en effet campagne contre l'élevage des vers à soie convainquant les séricicultrices que cette mise à mort les condamnait à l'enfer. Le prince Sihanouk dut intervenir afin d'enrayer la baisse de la production nationale et la hausse concomitante des importations onéreuses de fils de soie en provenance du Japon. Pour ce faire, il déclara, vers 1967, «qu'il prenait sur lui tous les péchés des éleveuses, en acceptant pour lui-même les conséquences de leur travail» (DUPAIGNE 1984).
- [26] F. Clavairolle souligne également, dans les Cévennes, «le bénéfice moral», cette «dimension extra-économique de la sériciculture: chaque récolte reflét[ant] les qualités de celle qui a assuré la responsabilité de l'éducation, la femme se juge[ant] bien souvent à ses succès ou ses échecs de magnanière» (CLAVAIROLLE 1992).
- [27] Les statistiques relatives au nombre de sériciculteurs varient considérablement selon les sources. PATICHOL *et al.* (2014) mentionnent ainsi 370 000 maisonnées en 1987 et moins de 100 000 en 2008/2009. WONGSAMUTH (2013) mentionne seulement 94 000 maisonnées engagées dans cette activité en 2012.
- [28] Le gouvernement japonais considérait à l'époque que le développement de la sériciculture, et plus généralement la coopération avec le Siam, permettraient de maintenir

- l'indépendance de ce pays face aux puissances coloniales françaises et britanniques qui menaçaient alors son intégrité géographique (ONAGA 2010).
- [29] Voir aussi OTSUKA 1982.
- [30] Voir le site internet du département (en thaï): <http://qsds.go.th>
- [31] Cf. note 30.
- [32] Un gramme équivaut à environ vingt-trois mille œufs de *B. mori* qui peuvent potentiellement produire quatre kilogrammes de fils de soie grège, le kilogramme se vendant entre mille deux cents et mille cinq cents bahts selon la qualité (site internet du QSDS).
- [33] Ces mesures s'inspirent des lois japonaises en vigueur depuis la fin du XIX^e siècle (ONAGA 2013).
- [34] L'entreprise n'a pas souhaité communiquer sur ses statistiques de production et de personnel.
- [35] Les machines sont dotées d'un mécanisme d'arrêt automatique en cas de défaut.
- [36] Et ce, jusqu'au Brésil où les entrepreneurs japonais ont participé, après l'introduction de la soie par les Italiens dans les années 1920, à son développement à une échelle commerciale après la Seconde Guerre mondiale (DATTA & NANAIVATY 2007).
- [37] Dans une autre région séricicole, celle de Chiang Mai, le père fondateur de la famille sino-thaï la plus fameuse et controversée de la politique nationale thaïlandaise contemporaine, qui a donné deux premiers ministres, a lui aussi commencé son activité commerciale, au début du XX^e siècle, dans le domaine de la soie. Marchand caravanier de tissus et de fils de soie avec la Chine, il s'est par la suite reconverti dans la filature et le tissage industriels, contractualisant les paysans de sa région d'adoption et créant un empire familial alliant parfaitement le monde des affaires et celui de la politique (PONGPAICHIT & BAKER 2004).
- [38] La filature n'a pas souhaité communiquer sur les prix d'achat des cocons. En 2007, le *Queen Sirikit Department of Sericulture* estimait à 2,73 euros/kg le prix des cocons issus de variétés hybrides étrangères, à 2,16 euros/kg le prix des cocons issus de variétés hybrides thaï et 1,82 euro/kg le prix des cocons des variétés locales (EU-Thailand Thai Home Textiles Project 2007).
- [39] L'investissement dans la formation à l'étranger de tous les membres d'une même famille pour le développement de l'entreprise est fréquent dans le grand entrepreneuriat thaïlandais. Pour un autre exemple séricicole, voir PONGPAICHIT & BAKER 2004.
- [40] Dans ce cadre, «le droit de propriété intellectuelle d'un obtenteur sur une variété ne porte pas sur l'information génétique véhiculée par la variété (information qui n'est pas une invention humaine mais le génome de l'espèce), mais sur la combinaison particulière d'allèles qu'il a réunie dans cette variété et qui est en principe réputée unique» (THOMAS 2006). Voir aussi SEMAL 2007.
- [41] De retour au Japon, il travaille principalement sur des variétés chinoises et japonaises bivoltines et systématise sa production d'hybrides F1 (ONAGA 2010). Voir également KIYOKAWA 1984a.
- [42] Par exemple, la variété Dok Bua, très diffusée du fait de sa bonne résistance aux maladies (BOEDTS 1998-1999).
- [43] C'est-à-dire comme un milieu dans lequel se développent des cultures de micro-organismes (bactéries, cellules eucaryotes) dans le but de transformer des matières et/ou d'obtenir des molécules d'intérêt industriel.

BIBLIOGRAPHIE

- BECKER, H. 2006 [1982]. Les mondes de l'art. — Paris, Flammarion, 379 pp.
- BOEDTS, B. 1998-1999. Evaluation de variétés commerciales de ver à soie et de pratiques d'élevage dans les villages du Nord-Est de la Thaïlande. — *Tropicultura*, **16-17**: 29-36.
- BOONCHOO, S. 2008. Distinctive signs for collective use: Non-agricultural products. — *In*: International Forum on Distinctive Signs for Collective Use (Versailles (France), 12-13 juin 2008).
- BOUNYAVONG, D. 2001. Lao Textiles Past and Present. — *In*: BOUNYAVONG, D. & NANTHAVONGDOUANGSY, V. (Eds.), *Legends in the Weaving*. Khon Kaen, GPAT.
- BOWIE, K. A. 1992. Unravelling the myth of the subsistence economy: Textile production in 19th century Northern Thailand. — *Journal of Asian Studies*, **51** (4): 797-823.
- BOWIE, K. A. 1993. Assessing the early observers: Cloth and fabric of society in the 19th century Northern Thai kingdoms. — *American Ethnologist*, **20** (1): 138-158.
- BROWN, I. 1980. Government initiative and peasant response in the Siamese silk industry, 1901-1913. — *Journal of the Siam Society (JSS)*, **68** (2): 34-47.
- CAILLET, L. 1989. Les métamorphoses d'un conte ou les mues du ver à soie. — *Cahiers de Littérature Oraie (Paroles divines, Discours d'homme)*, **26**: 117-152.
- CHETAÏLLE, A. 2006. La biosécurité dans les pays en développement: du protocole de Carthagène aux réglementations nationales. — *Revue Tiers-Monde*, **188**: 843-862.
- CHEVASSUS-AU-LOUIS, B. 2000. L'appropriation du vivant: de la biologie au débat social. — *In*: Conférence à l'Université de tous les savoirs (Paris, 22 janv. 2000).
- CLAVAIROLLE, F. 1992. Sériciculture et filature de la soie en Cévennes: à propos d'une tâche stratégique, l'étouffage des cocons. — *Techniques & Culture*, **20**: 81-103.
- CLAVAIROLLE, F. 1994. L'éducation des vers à soie: savoirs, représentations, techniques. — *L'Homme*, **34** (129): 121-145.
- CLAVAIROLLE, F. 1999. Migration dirigée et développement séricicole au Vietnam. — *In*: LASSAILLY-JACOB, V., MARCHAL, J.-Y. & QUESNEL, A. (éds), *Déplacés et réfugiés. La mobilité sous contrainte*. Paris, IRD Editions, pp. 251-282.
- CLAVAIROLLE, F. 2003. Le magnan et l'arbre d'or. Regards anthropologiques sur la dynamique des savoirs et de la production. — Paris, Maison des Sciences de l'Homme, 317 pp.
- COLLOMB, N. 2010. Nourrir la vie: éthique de la relation de soin chez les T'ai Dam du Nord-Laos. — *Moussons*, **15**: 55-74.
- DATTA, R. K. & NANAVATY, M. 2007. Global silk industry. A complete source book. — Boca Raton, Universal Publishers.
- DUPAIGNE, B. 1984. L'élevage des vers à soie au Cambodge. — *ASEMI*, **15** (1-4): 111-131.
- DUPAIGNE, B. 1997. Pratique du tissage dans la région de Khon Kaen. — *In*: FORMOSO, B. (éd.), *Ban Amphawan et Ban Han. Le devenir de deux villages rizicoles du Nord-Est thaïlandais*. Paris, CNRS Editions, pp. 469-490.
- EU-Thailand Thai Home Textiles Project 2007. Value chain analysis for Thai home textiles. Silk sub-sector. — Chiang Mai, Chiang Mai University.
- FEDERICO, G. 1994. An economic history of the silk industry, 1830-1930. — Cambridge, Cambridge University Press.
- FIELD, J. 2014. Silk production: Moths, mulberry and metamorphosis. — *In*: HALLAM, E. & INGOLD, T. (Eds.), *Making and growing. Anthropological studies of organisms and artefacts*. Farnham, Ashgate, pp. 25-44.

- FORMOSO, B. 1987. Du corps humain à l'espace humanisé. Système de référence et représentation de l'espace dans deux villages du Nord-Est de la Thaïlande. — *Etudes Rurales*, **107-108**: 137-170.
- FORMOSO, B. 2000. Thaïlande. bouddhisme renonçant, capitalisme triomphant. — Paris, La Documentation française.
- FRAVAL, A. 2010. Les insectes fileurs de soie (1^{re} partie). — *Insectes*, **156**: 3-8.
- GOLDSMITH, M. R., SHIMADA, T. & ABE, H. 2005. The genetics and genomics of the silkworm, *Bombyx mori*. — *Annual Review of Entomology*, **50**: 71-100.
- GRAHAM, M. 2013. Thai Silk Dot Com: Authenticity, Altruism, Modernity and Markets in the Thai Silk Industry. — *Globalizations*, **10** (2): 211-230.
- HAO, P. 2012. Sericulture and Silk Weaving from Antiquity to the Zhou Dynasty. — In: KUHN, D. (Ed.), *New Heaven*, Yale University Press, pp. 64-113.
- HAUDRICOURT, A.-G. 1962. Domestication des animaux, culture des plantes et traitement d'autrui. — *L'Homme*, **2** (1): 40-50.
- HUBBELL, S. 2001. Shrinking the cat. Genetic engineering before we know about genes. — Boston, Houghton Mifflin Company.
- INGOLD, T. 2011 [2007]. Une brève histoire des lignes. — Bruxelles, Zones Sensibles.
- KIYOKAWA, Y. 1981. The Development and Diffusion of Improved Hybrid Silkworms in Japan: The First Filial Generation. — Tokyo, United Nations University.
- KIYOKAWA, Y. 1984a. The diffusion of new technologies in the Japanese Sericulture industry: The case of the hybrid silkworm. — *Hitotsubashi Journal of Economics*, **25** (1): 31-59.
- KIYOKAWA, Y. 1984b. Entrepreneurship and innovations in Japan: An implication of the experience of technological development in the textile industry. — *The Developing Economies*, **22** (3): 211-236.
- KLEIN, J.-F. 2005. Réseaux d'influences et stratégie coloniale. Le cas des marchands de soie lyonnais en mer de Chine (1843-1906). — *Outre-Mers*, **92** (346-347): 221-256.
- KOIZUMI, J. 1990. Why the Kula wept: A report on the trade activities of the Kula in Isan at the end of the 19th century. — *Southeast Asian Studies*, **28** (2): 131-153.
- KOIZUMI, J. 2009. The making of 'Thai silk' as a national tradition. — Kyoto, Kyoto Working Papers on Area Studies (CSEAS), 27, 28 pp.
- KUHN, D. 1979. Silk and the loom. — In: SELIN, H. (Ed.), *Encyclopaedia of the History of Science, Technology, and Medicine in Non-Western Cultures* (Vol. 1). Springer, pp. 2009-2011.
- KUHN, D. 1984. Tracing a Chinese legend: In search of the identity of the 'first sericulturist'. — *T'oung Pao*, **70** (4-5): 213-245.
- LEFFERTS, H. L. 1996. The ritual importance of the mundane. White cloth among the Tai of Southeast Asia. — *Expedition*, **38** (1): 37-50.
- LEGAY, J. M. & CHAVANCY, G. 2004. La phase pastorienne de la sériciculture. La crise de la pébrine et ses conséquences. — *Natures Sciences Sociétés*, **4** (12): 413-417.
- LI, L. M. 1982. Silk by Sea: Trade, Technology, and Enterprise in China and Japan. — *The Business History Review*, **56** (2): 192-217.
- MAU, C.-H. 2001. L'introduction en Chine des techniques européennes de l'industrie de la soie, de la guerre de l'Opium au début du 20^e siècle. — *Etudes Chinoises*, **22** (1-2): 202-237.
- MAU, C.-H. 2003. La soie: fonds de la civilisation chinoise et moteur d'échanges. — In: 1^{er} congrès du Réseau Asie (24-25 sept. 2003).

- MAU, C.-H. 2007. Le développement technique du dévidage de la soie à travers une étude des brevets d'invention déposés entre 1791 et 1860. — *In*: CORCY, M.-S., DEMEULENAERE-DOUYERE, C. & HILAIRE-PEREZ, L. (éds), *Les archives de l'invention. Ecrits, objets et images de l'activité inventive des origines à nos jours*. Toulouse, CNRS, coll. *Méridiennes, sér. Histoire & Techniques*, pp. 485-498.
- NEEDHAM, J. & KUHN, D. 1988. *Science and Civilisation in China*. Vol. 5: Chemistry and Chemical Technology; pt. 9: Textile Technology: Spinning and Reeling. — New York, Cambridge University Press, 520 pp.
- ONAGA, L. 2010. Toyama Kametaro and Vernon Kellogg: Silkworm Inheritance Experiments in Japan, Siam, and the United States, 1900–1912. — *Journal of the History of Biology*, **43** (2): 215-264.
- ONAGA, L. 2013. Bombyx and bugs in Meiji Japan: Toward a multispecies history? — *The Scholar & Feminist Online*, **11.3** [<http://sfonline.barnard.edu/life-unltd-feminism-bioscience-race/bombyx-and-bugs-in-meiji-japan-toward-a-multispecies-history/0/>].
- OTSUKA, K. 1982. The transfer of technology in Japan and Thailand: Sericulture and the silk industry. — *Development and Change*, **13**: 421-445.
- PATICHOL, P., WONGSURAWAT, W. & JOHRI, L. 2014. Upgrade strategies in the Thai silk industry: Balancing value promotion and cultural heritage. — *Journal of Fashion Marketing and Management*, **18** (1): 20-35.
- PAYANUN, K. 1995. Sericulture development in Thailand. — *Kasetsart Journal (Soc. Sci.)*, **16**: 92-104.
- PELEGGI, M. 2002. The lords of things: The fashioning of the Siamese Monarchy's modern image. — Honolulu, University of Hawaii Press.
- PONGPAICHIT, P. & BAKER, C. 2004. Thaksin. The business of politics in Thailand. — Chiang Mai, Silkworm Books, 302 pp.
- POPESCU, A. 2013. Trends in world silk cocoons and silk production and trade, 2007-2010. — *Scientific Papers: Animal Science and Biotechnologies*, **46** (2): 418-423.
- Queen Sirikit Department of Sericulture (The) 2012 (2555). Wisdom of indigenous Thai silk yarn. — Bangkok, Ministry of Agriculture (en thaï).
- Queen Sirikit Department of Sericulture (The) 2013 (2556). Informations sur la sériciculture. — Bangkok, Ministère de l'Agriculture et des Coopératives (en thaï).
- SCOTT, J. C. 1972. Patron-client politics and political change in Southeast Asia. — *The American Political Science Review*, **66** (1): 91-113.
- SEMAL, J. 2007. Brevetabilité du vivant: du biobrevet au bio-big-bang. — *Cahiers Agricultures*, **16** (1): 41-48.
- TAMBLAH, S. J. 1969. Animals are good to think and good to prohibit. — *Ethnology*, **8**: 423-459.
- THOMAS, F. 2006. Biodiversité, biotechnologies et savoirs traditionnels. Du patrimoine commun de l'humanité aux ABS (*Access to genetic resources and benefit sharing*). — *Revue Tiers-Monde*, **188**: 825-842.
- TRANKELL, I. B. 1995. *Cooking, Care and Domestication: A Culinary Ethnography of the Tai Yong, Northern Thailand*. — Stockholm, Almqvist & Wiksell.
- VALLARD, A. 2012. De la jupe à la femme. Tissage, vêtement et subjectivation au Laos. — *In*: ANSTETT GESSAT, E. & GELARD, M.-L. (éds), *Les objets ont-ils un genre?* Paris, Armand Colin, pp. 105-120.
- WINICHAKUL, T. 1994. *Siam mapped. A history of the geo-body of a nation*. — Honolulu, University of Hawaii Press.

- WITTNER, D. 2008. Technology and the Culture of Progress in Meiji Japan. — New York, Routledge.
- WONGSAMUTH, N. 2013. Silk boom: Opportunity for Thailand. — Bangkok Post (07/05/2013).
- ZANIER, C. 2007. La fabrication de la soie: un domaine réservé aux femmes. — *Travail, Genre et Sociétés*, **18**: 111-130.

Classe des Sciences naturelles et médicales

Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen

Plants, Metallic Pollution and Environment in Katanga (DR Congo): A Human and Scientific Adventure*

by

Pierre MEERTS¹, Jan BOGAERT², Gilles COLINET³,
Jean LEJOLY⁴, Grégory MAHY⁵, Nathalie VERBRUGGEN⁶
& Michel NGONGO LUHEMBWE⁷

KEYWORDS. — Biological Diversity; Ecological Restoration; Copper; Metallophyte; Soil.

SUMMARY. — The authors report here the history of a cooperation development project between the Faculty of Agronomy of the University of Lubumbashi (DR Congo), the *Université Libre de Bruxelles* and *Gembloux Agro-Bio Tech – Université de Liège*. The project addressed the issue of ecological restoration of soil contaminated with heavy metals by metallurgical industry. It comprised the organization of specialized Master courses and the development of applied scientific research. It owed its success to transparency in the selection of applicants, the continued motivation of students and team building during practical field exercises. Synergies with young researchers in the North also reinforced the project. Four students obtained a PhD during the project and twenty-two obtained a Master. Most of them are now active in research or expertise related to environmental ecology.

MOTS-CLES. — Biodiversité; Restauration écologique; Cuivre; Métallophyte; Sol.

RESUME. — Les auteurs relatent le déroulement d'un projet de coopération au développement entre la faculté d'agronomie de l'Université de Lubumbashi, l'Université

* Paper presented at the Meeting Day "Young Researchers Overseas" held on 16 December 2014. Text received on 3 March 2015 and submitted to peer review. Final version, approved by the reviewers, received on 8 October 2015.

¹ Member of the Academy; Laboratoire d'Ecologie végétale et Biogéochimie, Université Libre de Bruxelles, av. F. D. Roosevelt 50, CP 244, B-1050 Brussels (Belgium).

² Member of the Academy; Unité Biodiversité et Paysage, Gembloux Agro-Bio Tech, Université de Liège, Passage des Déportés 2, B-5030 Gembloux (Belgium).

³ Unité de Science du Sol, Gembloux Agro-Bio Tech, Université de Liège, Passage des Déportés 2, B-5030 Gembloux (Belgium).

⁴ Herbarium et Bibliothèque de botanique africaine, Université Libre de Bruxelles, av. F. D. Roosevelt 50, CP 265, B-1050 Brussels (Belgium).

⁵ Unité Biodiversité et Paysage, Gembloux Agro-Bio Tech, Université de Liège, Passage des Déportés 2, B-5030 Gembloux (Belgium).

⁶ Member of the Academy; Laboratoire de Physiologie et Génétique moléculaire des Plantes, Université Libre de Bruxelles, av. F. D. Roosevelt 50, CP 242, B-1050 Brussels (Belgium).

⁷ Faculté des Sciences agronomiques, Université de Lubumbashi, Campus de la Kasapa, Lubumbashi (DR Congo).

Libre de Bruxelles et Gembloux Agro-Bio Tech – Université de Liège. Le projet était centré sur la restauration écologique des sols contaminés en métaux lourds par l'industrie minière au Katanga (RD Congo). Il comprenait un volet de formation, structuré sur l'organisation d'un diplôme de Master spécialisé, et un volet de recherche-développement. L'article insiste surtout sur les aspects humains du projet. Le projet doit largement son succès aux procédures de sélection transparentes des étudiants, à sa prise en charge locale par un groupe d'étudiants très motivés, au renforcement de l'esprit de groupe par des travaux pratiques de terrain et à l'établissement de collaborations de recherche avec de jeunes chercheurs du Nord. Quatre thèses de doctorat et vingt-deux mémoires de Master ont été soutenus pendant le projet; la plupart des lauréats sont aujourd'hui engagés dans des travaux de recherche ou d'expertise dans le domaine de l'environnement.

TREFWOORDEN. — Biodiversiteit; Ecologisch herstel; Koper; Metalofyt; Bodem.

SAMENVATTING. — De auteurs brengen verslag uit over een ontwikkelingsproject tussen de landbouwfaculteit van de Universiteit van Lubumbashi, de *Université Libre de Bruxelles* en *Gembloux Agro-Bio Tech – Université de Liège*. Het project was gericht op het ecologisch herstel van bodems vervuild door zware metalen ten gevolge van de mijnbouwindustrie in Katanga. Het bevatte een luik onderwijs, onder de vorm van een masteropleiding naast een luik onderzoek en ontwikkeling. Het artikel legt de nadruk op de menselijke aspecten van het project. Het welslagen ervan berustte hoofdzakelijk op transparante selectieprocedures, een projectopvolging ter plaatse door een groep zeer gemotiveerde studenten, de versterking van de groepssfeer door middel van praktische oefeningen op het terrein en door de ontwikkeling van onderzoekssamenwerkingsverbanden met jonge vorsers uit het Noorden. Vier doctoraatsproefschriften en tweeëntwintig masterproefschriften werden verdedigd in het kader van het project; de meerderheid van de laureaten zijn thans aangesteld in onderzoekswerkprojecten of expertiseopdrachten met betrekking tot milieubeheer.

Introduction

The Katangan Copperbelt deposits contain some of the world's largest known copper-cobalt resources. These mineral resources have since long been exploited by man, initially by artisanal mining and, starting in the early twentieth century, on an industrial scale.

All steps of the mineral non-ferrous industry potentially contaminate the environment. Smelting of metalliferous ores, in particular, can spread metalliferous smokes over large areas. Atmospheric fallout of heavy metals and acidic compounds has occurred in various places worldwide around metal processing facilities. In Lubumbashi, emissions from the copper smelter of the *Union minière*, then *Gécamines*, has contaminated landscapes situated downwind over a huge area. The initially-present forest vegetation has been replaced by a steppe-like savanna and bare soils. Erosion by wind and water is consequently intense. Copper concentrations observed in the topsoil are extremely high, often even exceeding 10,000 mg kg⁻¹ a kilometre away from the chimney (VRANKEN *et al.* 2013).

The *Code minier* (Law no. 4-2005 of April 11) compels mining companies to perform an environmental impact assessment when starting up a new project, and to restore the industrial or extraction site after completion of the project. Impact assessment studies and site restoration require specific skills and a particular interdisciplinary scientific expertise, at the crossroads of agronomy, plant sciences, soil sciences and environmental ecology.

Metalliferous bedrock outcrops in Katanga appear as “copper hills”. They host a unique and species-rich plant cover, with over six hundred and fifty species, thirty-two of which are identified as “copper endemics”, *i.e.* species that only occur on copper-rich Katangan soils (FAUCON *et al.* 2010). These species have evolved physiological and biological adaptations in order to survive extremely high concentrations of Co and Cu in the soil (BAKER *et al.* 1983, CHIPENG *et al.* 2010). Such species consequently represent important biological resources for environmental technologies aiming at restoring vegetations on metal contaminated soils worldwide. The implementation of the aforementioned mine laws offers new employment opportunities for scientists specialized in environmental issues.

This context has prompted the Faculty of Agronomy of the University of Lubumbashi (UNILU), in collaboration with the *Université Libre de Bruxelles* (ULB) and the *Gembloux Agro-Bio Tech – Université de Liège* (ULg-Gembloux) to launch a project focusing on the environmental impact of metallic pollution and its remediation by means of metal-tolerant plants. At the beginning of the project, the Faculty of Agronomy of UNILU had only one full-time professor, and its research activities were mostly focused on soil mapping.

Here we briefly trace the history of the project. This short account is not primarily focused on the scientific results of the project. Rather, we pay attention to its human dimension.

The project «*Appui à la création d'un troisième cycle en biologie végétale et environnement à l'Université de Lubumbashi (R.D. Congo) et approche multiscalaire de la remédiation des sols contaminés (REMEDLU)*»

The project was funded by the CIUF, the *Commission universitaire pour le Développement* (CUD-CIUF, now called ARES-CCD) for five years. The project consortium was composed of the University of Lubumbashi (DR Congo), the *Université Libre de Bruxelles* and the *Université de Liège/Gembloux Agro-Bio Tech*. Six professors from the North were involved, and for five of them the project marked their first experience in development cooperation in the tropics.

The first objective of the project was to increase the Faculty of Agronomy's expertise in environmental ecology of metallic pollutions and its capacity to establish itself as a major player in the assessment and restoration of the ecological impact of mineral industry.

The second objective was to conduct innovative research initiatives on the impacts of metallic pollution in ecosystems and on the remediation of those impacts using original plant systems based upon native biodiversity resources.

To address these objectives, the project included a training programme aimed at capacity building of young agronomists in the environmental ecology of metallic pollution, and the development of applied ecological research.

Activities of the project were organized on four sites:

- A classroom entirely dedicated to the project was installed and fully equipped;
- An experimental botanical garden was created at walking distance from the classroom;
- An experimental study site located in the area polluted by fallout from the chimney of the copper smelter of Lubumbashi (Penga Penga) was used for teaching and research;
- “Copper hills”, *i.e.* natural sites on metalliferous outcrops, with a specific biodiversity adapted to heavy metal stress, were used for teaching and research.

The Master in Agronomy, Specialized in Plant Biology and Environment

A specialized Master in Plant Biology and Environment was set up. The training was organized as a one hundred and twenty Credit Specialized Master course, which comprised a personal research project. The Master was organized twice consecutively (tabs. 1, 2).

Table 1
Milestones in the project

August 2005	Launch of the project; selection of the first group of students
December 2005	Creation of the botanical garden
September 2006	Selection of the four PhD students
October 2007	Master thesis defence of the first graduates
	Selection of the second group of students
October 2009	Master thesis defence of the second group
November 2010	Public thesis defence of the four PhD students
	Closing ceremony of the project

Table 2
Programme of the *Master complémentaire en Agronomie, spécialité Biologie végétale et environnement* (courses given in French. One credit is 15 h.)

First year (60 credits)
<ul style="list-style-type: none"> • Eléments d'écologie générale [General Ecology]. Prof. P. Meerts (ULB) (3 credits) • Pédologie [Soil Science]. Prof. G. Colinet (ULg-Gembloux Agro-Bio Tech) & M. Ngongo (UNILU) (3 credits) • Eléments de physiologie végétale [Plant Physiology]. Prof. N. Verbruggen (ULB) (3 credits) • Phytogéographie [Phytogeography]. Prof. L. Ndjele (UNIKIS-Kisangani) & G. Mahy (ULg-Gembloux Agro-Bio Tech) (3 credits) • Méthodologie de la recherche [Methodology of scientific research]. Prof. M. Ngongo (UNILU) (3 credits) • Statistique et traitement des données [Statistics]. Prof. Kiatoko (UNIKIN-Kinshasa) (3 credits) • Floristique et Systématique végétale appliquées au Haut-Katanga [Flora and vegetation of Upper Katanga]. Prof. J. Lejoly (ULB) (3 credits) • Systèmes d'Information Géographique: principes et applications [Geographic Information Systems]. Prof. J. Bogaert (ULB) (3 credits) • Séminaires [Seminars] (6 credits) • Recherches dans le cadre du mémoire de DEA [Personal project] (30 credits)
Second Year (60 credits)
<ul style="list-style-type: none"> • Gestion de la biodiversité [Biodiversity management]. Prof. G. Mahy (ULg-Gembloux Agro-Bio Tech) (3 credits) • Relations plantes-sols et phytoremédiation [Soil-Plant relationships and phytoremediation]. Prof. N. Verbruggen & P. Meerts (ULB) (3 credits) • Pédologie approfondie et pollutions [Advanced soil science and soil pollution]. Prof. M. Ngongo (UNILU) & G. Colinet (ULg-Gembloux Agro-Bio Tech) (3 credits) • Informatique [Computing]. Prof. Bavuesa (UNILU) (3 credits) • Communautés végétales des sols métallifères [Plant communities on metal-rich soil]. Prof. J. Lejoly (ULB) (3 credits) • Ecologie du paysage [Landscape ecology]. Prof. J. Bogaert (ULB) (3 credits) • Séminaires [Seminars] (6 credits) • Stages professionnels [Internship] (6 credits) • Recherches dans le cadre du mémoire [Personal project] (30 credits)

The programme aimed at promoting an interdisciplinary approach, with a broad coverage of environmental issues related to metallic pollution, ranging from the physiology of metal tolerance over soil pollution to landscape ecology. However, an emphasis was deliberately put on plant systems, as promising tools to mitigate soil metallic contamination.

In the second year of the Master programme, each student had to choose the subject of his/her Master thesis. The Master thesis was a personal research project, supervised by one of the six European professors involved in the project.

Some Keys to Success

TRANSPARENCY IN THE SELECTION OF APPLICANTS

A call for applications was broadly spread at the university. Applicants were graduating preferably in agronomy. Many more applications (thirty to forty) were received than places available. The number of students enrolled was limited to fifteen, in order to ensure effective pedagogic support and because the budget of the project was limited. Applicants were selected on the basis of an entrance exam. This included a written exam, a motivation letter, a CV, and an interview. Students very much appreciated that the selection was based on objective, transparent criteria and this ensured a positive atmosphere in the group from the beginning.

STUDENTS AS FULL PARTNERS OF THE PROJECT

From the start, students were considered as full partners of the project. Great efforts were made to convince students to take ownership of the project. Therefore, they received specific responsibilities in the project (library, classroom maintenance, external relationships, field trip organization and so forth).

At the end of the first year and based on the marks obtained in the exams, four PhD candidates were selected. They played a prominent role in the second phase of the project. In particular, they organized the practical exercises associated to teaching units and co-supervised the Master theses of the second group of applicants. They also took care of the local management of the project.

TEAM BUILDING IN THE FIELD

No doubt the field trips were highlights of the training. Most importantly, they played a key role in team building. Students took care of most of the logistics, including obtaining authorizations from mining companies and local authorities. Field trips focused on biodiversity resources, which can be used to implement ecological restoration. For most students, realizing that native plant species can be useful, beyond providing food or medication, came as a surprise. Realizing that some of those species are endemic to Katanga and therefore represent major targets of biological conservation also came as a surprise.

Infrastructures

The project included the installation of three infrastructures: a classroom, a laboratory and a botanical garden. The objectives of the botanical garden were threefold. First, it was used for teaching. A collection of “metallophytes”,

i.e. plant species adapted to metallic pollution, was transplanted from the field. Practical courses were organized and students were trained to identify plant species and their value as bioindicator. Second, the garden was used as a research instrument, with experimental plots. The first trials of phytoremediation were made in 2006. Third, the garden was used as a “showcase” and a communication tool to promote the project for stakeholders, mining companies and all possible partners. The collections of metallophytes have proven difficult to maintain in the long term and nowadays subsist only in part, but the experimental plots are still used to conduct scientific research.

Research

The applied scientific research of the project was conducted mostly by the four PhD students selected in September 2006. They addressed complementary aspects of environmental ecology of heavy metal pollution in Katanga. Each of them had the opportunity to stay in Belgium for several months in their respective promoter’s lab.

Mylor Ngoy Shutcha investigated the possibility of using native grasses to restore plant cover on the most copper-contaminated soils. His work was mostly experimental. It included the first successful field trial of phytostabilization of metal-polluted soil in tropical Africa, using the native grass species *Microchloa altera*. The plots are visible on Google Earth (11°40’34,49’S 27°27’06,97’E) (NGOY SHUTCHA *et al.* 2015).

François Munyemba Kankumbi specialized in landscape ecology. He used remote sensing imagery (satellite and aerial photography) to quantify and model landscape pattern dynamics caused by the impacts of metallic pollution and human action.

François Chipeng Kayemb investigated the mechanisms of metal tolerance in the “copper flower” (*Haumaniastrum katangense*), an emblematic species of the copper-contaminated soils in Katanga.

Michel Mpundu Mubemba assessed soil contamination at the study site and investigated impacts of soil contamination on vegetable production and quality.

Synergies in Belgium

Ten Belgian undergraduate students were indirectly involved in the project, having stayed in Katanga for their Master thesis project. One student from the North obtained a fellowship funded by the FRIA (FNRS, Belgium) to prepare a PhD thesis related to the topic of the project. He significantly reinforced collaboration between the North and the South.

Capacity Building

The project has reached its goal to train young scientists and prepare them to serve as experts in environmental impact studies. The Faculty of Agronomy of the University of Lubumbashi has gained reputation for its expertise in applied environmental ecology. After the end of the project, the Master was funded for two years by a private sponsor and has since then evolved into a Master in Biodiversity Management. Eight trainees of the project have now obtained a PhD and are occupied as full-time professors in Congolese universities or high schools, eight others have obtained a fellowship to prepare a PhD thesis in Belgium, Canada or DR Congo. Two are employed as environmental experts in mining companies. The Faculty of Agronomy now counts more than ten full-time academics, and has greatly diversified its research activities. Significantly, one of the PhD students of the project has now become the Dean of the Faculty.

Conclusions

The results of the project show that ecological and agronomic solutions for mitigating impacts of mining activities in Katanga do exist. However, Katanga is facing manifold socio-economic challenges. In that context, challenges related to environmental issues might not be viewed as a priority. Law enforcement (*Code minier*) critically depends on a strong political will. Further projects are needed to continue ongoing research and to open new research fields. Partnerships with mining companies are dependent on the health of the mining sector, itself following the price of non-ferrous metals on international markets. Political, economic and academic stability are necessary conditions for a sustainable development of the Katangan ecosystems and for the follow-up of their health.

Capacity building is one of the missions of universities in developed countries. However, it is still not sufficiently valued in the academic career. The experience gained during this project shows that it can yield peer-reviewed publications and strengthen research teams both in the North and in the South.

ACKNOWLEDGEMENTS

We are most grateful to the *Commission universitaire pour le Développement* (CUD, CIUF) for funding the project, to Solange Kapongo (UNILU) and Barbara Liberski (ULB) for the administrative support.

The following twenty-two students, who graduated during the project, are here warmly acknowledged: Amisi Mwana Yamba, Banza Mukalay Adolphe, Chipeng Kayemb François, Kasongo Lenge Mukonzo Emery, Kaya Muyumba Donatien, Mpundu Mubemba Michel, Mukobo Mundende Prince Prince, Munyemba Kankumbi François, Ngoy Shutcha Mylor, Bomolo Eanga Olivier (2005-2007); Ilunga Kabeya Francine,

Ilunga Muledi Jonathan, Ilunga Wa Ilunga Edouard, Kamengwa Kissi Ckeface, Kashimbo Kalala Serge, Katemo Manda Bauchet, Kaumbu Kiala Makasa Jean-Marc, Malisawa Sangwa Christian, Masengo Kalenga Wilfried, Muding-A-Tshilong Ben, Nyenga Wimana Angèle, Lubalega Kimbamba Tolérant (2007-2009).

The following students obtained their PhD at the end of the project: Ngoy Shutcha Mylor (UNILU), Mpundu Mubemba Michel (UNILU), Chipeng Kayemb François, Munyemba Kankumbi François (UNILU), Amisi Mwana Yamba (UNILU), Faucon Michel-Pierre (ULB).

REFERENCES

- AMISI, M. Y., MUNYEMBA, F., BULAMBO, J. P., KIKUNDA, J., NGONGO, M. & BOGAERT, J. 2008. Applicabilité de la théorie de perception de Kevin Lynch à un paysage minier de ville du tiers-monde. — *Ann. Fac. Sci. Agron. Univ. Lubumbashi*, **1** (2): 71-77.
- BAKER, A. J. M., BROOKS, R. R., PEASE, A. J. & MALAISSE, F. 1983. Studies on copper and cobalt tolerance in three closely related taxa within the genus *Silene* L. (Caryophyllaceae) from Zaïre. — *Plant Soil*, **73**: 387-385.
- BANZA, C. L., NAWROT, T. S., HAUFROID, V., DECREE, S., DE PUTTER, T., SMOLDERS, E., ILUNGA KABYLA, B., NUMBI LUBOYA, O., NDALA ILUNGA, A., MWANZA MUTOMBO, A. & NEMERY, B. 2009. High human exposure to cobalt and other metals in Katanga, a mining area of the Democratic Republic of Congo. — *Environ. Research*, **109**: 745-752.
- CHIPENG, F. K., HERMANS, F. K., COLINET, G., FAUCON, M.-P., NGONGO, M., MEERTS, P. & VERBRUGGEN, N. 2010. Copper tolerance in the cuprophyte *Haumaniastrum katangense* (S. Moore) P.A. Duvign. & Plancke. — *Plant Soil*, **328**: 235-244.
- COOKE, J. A. & JOHNSON, M. S. 2002. Ecological restoration of land with particular reference to mining metals and industrial minerals: A review of theory and practice. — *Environ. Reviews*, **10**: 41-71.
- DUVIGNEAUD, P. & DENAEYER-DE SMET, S. 1963. Cuivre et végétation au Katanga. — *Bull. Soc. Roy. Bot. Belg.*, **96**: 92-231.
- FAUCON, M.-P., COLINET, G., MAHY, G., NGONGO LUHEMBWE, M., 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 Soil*, **317**: 201-212.
- FAUCON, M.-P., MEERSSEMAN, A., NGOY SHUTCHA, M., MAHY, G., NGONGO LUHEMBWE, M., MALAISSE, F. & MEERTS, P. 2010. Copper endemism in the Congolese flora: A database of copper affinity and conservational value of cuprophytes. — *Plant Ecol. Evol.*, **1**: 5-18.
- FAUCON, M.-P., PARMENTIER, I., COLINET, G., MAHY, G., NGONGO LUHEMBWE, M. & MEERTS, P. 2011. May rare metallophytes benefit from disturbed soils following mining activity? The case of *Crepidorhopalon tenuis* in Katanga (D.R. Congo). — *Restor. Ecol.*, **19**: 333-343.
- 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). — *Environ. Exp. Bot.*, **84**: 11-16.
- FAUCON, M.-P., MUDING, A., TSHILONG, B., VAN ROSSUM, F., MEERTS, P., DECOCQ, G. & MAHY, G. 2012b. Ecology and hybridization potential of two sympatric metallo-

- phytes, the narrow endemic *Crepidorrhopalon perennis* (Linderniaceae) and its more widespread congener *C. tenuis*. — *Biotropica*, **44**: 454-462.
- 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, D.R. Congo. — *Plant Ecol. Evol.*, **146**: 173-182.
- MUBEMBA, M. M., SIKUZANI, Y. U., KIMUNI, L. N. & COLINET, G. 2014. Effects of carbonate and organic amendments on two vegetable crops in contaminated soil in Lubumbashi (D.R. Congo). — *BASE*, **18**: 367-375.
- MUNYEMBA, F., BAMBA, I., KABULU, J. P., AMISI, M. Y., VEROUSTRATE, F., NGONGO, M. & BOGAERT, J. 2008. Occupation des sols dans le cône de pollution à Lubumbashi. — *Ann. Fac. Sci. Agron. Univ. Lubumbashi*, **1** (2): 19-25.
- NARENDRULA, R., KONGOLO, K. K. & BECKETT, P. 2012. Comparative soil metal analyses in Sudbury (Ontario, Canada) and Lubumbashi (Katanga, DR Congo). — *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, **88**: 187-192.
- NGOY SHUTCHA, M., MPUNDU MUBEMBA, M., FAUCON, M.-P., NGONGO LUHEMBWE, M., VISSER, M., COLINET, G. & MEERTS, P. 2010. Phytostabilisation of copper-contaminated soil in Katanga: An experiment with three native grasses and two amendments. — *Int. J. Phytorem.*, **12**: 616-632.
- NGOY SHUTCHA, M., MEERTS, P., NGOY KAZADI, S., FAUCON, M.-P. & VISSER, M. 2013. Low caryopsis production of the Toothbrush Grass (*Microchloa altera*) from Katanga (DR Congo) could limit the revegetation of trace metal contaminated lands by seeding. — *Ecol. Restoration*, **31**: 240-244.
- NGOY SHUTCHA, M., ILUNGA MULEDI, J., FAUCON, M.-P. & MEERTS, P. 2014. Réponse de trois populations métallicoles de *Microchloa altera* (Rendle) Stapf à des doses croissantes de sulfate de cuivre dans le sol. — *e-revue UNILU*, **1**: 40-51.
- NGOY SHUTCHA, M., KAMENGWA KISSI, C., FAUCON, M.-P., COLINET, C., 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, D.R. Congo). — *Ecol. Engineering*, **82**: 81-90.
- 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 Soil*, **373**: 455-469.
- 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.

Diatom Research in Southern and Central Africa: Historical Perspectives and Current Activities*

by

Jonathan C. TAYLOR** & Christine COCQUYT***

KEYWORDS. — Diatoms; Southern Africa; Central Africa; Taxonomy; Biomonitoring.

SUMMARY. — Diatom research in southern and Central Africa has a rich history spanning more than a century; however, much of this research was on marine environments and the African Great Lakes. In this paper we focus on the less studied riverine habitats. Research on riverine diatoms can be loosely grouped into taxonomic and ecological studies, although we show in this paper that these two disciplines, of necessity, overlap. We briefly summarize relevant diatom-based indices for inferring water quality in rivers and streams and systematically report on recent efforts to use diatoms for ecological monitoring in southern and Central Africa. We deal in particular with the challenges faced when studying the Central-African diatom flora and introduce the problem of diatom species concept drift. We also relate these concepts to water quality monitoring. We discuss solutions and current efforts to resolve these issues. Importantly our work also focuses on equipping scientists based in these regions with the tools for further studies.

TREFWOORDEN. — Diatomeeën; Zuidelijk Afrika; Centraal-Afrika; Taxonomie; Biomonitoring.

SAMENVATTING. — *Diatomeeënonderzoek in Zuidelijk en Centraal-Afrika: historische perspectieven en huidige activiteiten.* — Het diatomeeënonderzoek in Zuidelijke en Centraal-Afrika kent een rijk historisch verleden van meer dan een eeuw. Een groot deel van dit onderzoek was echter toegespitst op marine milieus en op de Grote Afrikaanse Slenkmeren. In het huidige manuscript richten we ons op de minder bestudeerde habitats, namelijk de rivieren. Het onderzoek op lotische diatomeeën kan ruwweg onderverdeeld worden in taxonomische en ecologische studies, maar in dit manuscript zullen we aantonen dat beide disciplines noodzakelijkerwijs overlappen. We geven een kort overzicht van relevante indices om de waterkwaliteit van rivieren en beken te bepalen die gebaseerd zijn op diatomeeën, alsook een systematisch overzicht van recent geleverde inspanningen om diatomeeën te gebruiken in ecologische monitoring in Zuidelijke en Centraal-Afrika. Speciale aandacht gaat uit naar de uitdagingen die ondernomen moeten worden

* Paper presented at the meeting of the Section of Natural and Medical Sciences held on 20 May 2014. Text received on 1 December 2014 and submitted to peer review. Final version approved by the reviewers on 16 December 2015.

** Botanic Garden Meise, Nieuwelaan 38, B-1860 Meise (Belgium); School of Biological Sciences, North-West University, P Bag X6001, 2520 Potchefstroom (South Africa); South African Institute for Aquatic Biodiversity (SAIAB), P Bag 1015, 6140 Grahamstown (South Africa).

*** Botanic Garden Meise, Nieuwelaan 38, B-1860 Meise (Belgium).

wanneer de Centraal-Afrikaanse diatomeeënflora wordt bestudeerd, en we introduceren het probleem van conceptdrift van een diatomeeënsoort. Deze concepten betrekken eveneens bij de monitoring van de waterkwaliteit. Verder bespreken we mogelijke oplossingen en actueel ondernomen inspanningen om deze problemen te verhelpen. Belangrijk is dat ons werk zich ook richt op het verschaffen van middelen voor verdere studies voor wetenschappers die verblijven in deze gebieden.

MOTS-CLES. — Diatomées; Afrique australe; Afrique centrale; Taxonomie; Biomonitoring.

RESUME. — *Recherche sur les diatomées en Afrique australe et centrale: perspectives historiques et activités présentes.* — La recherche sur les diatomées en Afrique australe et centrale connaît une histoire riche et longue de plus d'un siècle. Cependant, la majeure partie de cette recherche concernait les milieux marins et les Grands Lacs africains. Dans ce manuscrit nous mettons l'accent sur les habitats des rivières moins étudiés. La recherche sur les diatomées lotiques peut être divisée de manière générale entre l'étude taxonomique et l'étude écologique, mais nous montrerons que ces deux disciplines nécessairement coïncident. Nous résumons brièvement les indices basés sur les diatomées pour déterminer la qualité de l'eau des rivières et ruisseaux et nous rapportons méthodiquement les efforts récents dans l'utilisation des diatomées pour le monitoring écologique en Afrique australe et centrale. Nous traitons plus particulièrement des défis rencontrés lors de l'étude de la flore des diatomées en Afrique centrale en introduisant le problème de la dérive du concept d'espèce. Nous mettons également ces concepts en relation avec le monitoring de la qualité de l'eau tout en débattant des solutions et des efforts actuels pour résoudre ces problèmes. Plus important encore, notre travail se concentre aussi sur l'accompagnement des scientifiques basés dans ces régions pour leur fournir les outils nécessaires à des études ultérieures.

1. Introduction

Diatoms occur in all types of aquatic ecosystems, also extending into damp sub-aerial habitats. A golden-brown mucilaginous film on the surface of a substrate indicates the presence of benthic diatoms. Planktonic diatoms occur free-living in the water column of rivers, streams, ponds and dams. The diatoms (Bacillariophyta) comprise a ubiquitous, highly successful and distinctive group of unicellular algae, whose most obvious distinguishing characteristic is the possession of a siliceous cell wall (frustule). The frustule, unique to the diatoms, is composed chiefly of hydrated amorphous silica, but which may also contain other trace elements, and comprises two almost equal halves known as the valves. Each valve is composed of two parts: the valve face and valve mantle, which is connected almost at right angles to the valve face. Closely united to the valve mantle are the girdle bands or copulae (ROUND *et al.* 1997). As autotrophs, diatoms contribute significantly to the carbon productivity of ecosystems, forming together with other algae the base of aquatic food chains (Cox 1996) and are responsible for the production of significant amounts of oxygen.

2. Historical Notes

2.1. THE STUDY OF DIATOMS IN SOUTHERN AFRICA

The freshwater diatom flora of southern Africa received much attention in the past. The investigations were initiated in the mid-nineteenth century by people such as EHRENBURG (1845) and CLEVE (1881). Their work was continued into the twentieth century by notable specialists, including FRITSCH (1918) and co-worker RICH (1932). During the 1950s and 1960s the acclaimed diatom specialist, Dr. Bela J. Cholnoky, produced over forty papers dealing with many of the diatom species found in southern Africa (CHOLNOKY 1960). Later, Giffen published much valuable work in the 1960s and 1970s, dealing with marine and estuarine diatoms along with several accounts of freshwater species to be found in the eastern Cape region (GIFFEN 1966). The work of Schoeman and Archibald in the late 1970s and early 1980s has made an invaluable contribution to the knowledge of both the taxonomy and ecology of the diatoms. The most noted work of these two authors being *The Diatom Flora of Southern Africa*, the first volume of which was published in 1976 (SCHOEMAN & ARCHIBALD 1976-1980). Further important contributions by these two authors include a detailed investigation of the Genus *Amphora* in a series of papers entitled “Observations on *Amphora* species (Bacillariophyceae) in the British Natural History Museum” (SCHOEMAN & ARCHIBALD 1986).

2.2. THE STUDY OF DIATOMS IN CENTRAL AFRICA

Studies on the diatom flora of rivers and streams in Central Africa have been rather restricted compared to the East African Great Lakes (lakes Malawi, Tanganyika and Victoria). A short overview of the algal studies on the African Great Lakes and smaller lakes was given by COCQUYT (2006). Among the earliest diatom reports on lotic ecosystems in Central Africa not related to the African Great Lakes are WEST (1907) and MULLER (1903, 1904, 1905, 1911) followed in the mid-twentieth century by HUSTEDT (1949) and at the end of last century by MPAWENAYO (1996). Diatom reports from rivers and small waterbodies in DR Congo, formerly Belgian Congo and Zaire, are limited: up to the present around two hundred and sixty diatom taxa were reported by KUFFERATH (1948, 1956a,b), CHOLNOKY (1964), COMPERE (1989, 1995) and GOLAMA (1996). This figure is not taken into account data from unpublished theses conducted at universities in DR Congo. In Zambia and Congo-Brazzaville, no publications dealing with diatoms have been produced. But since 2013 some papers dealing with the description of new diatom species from the Congo and Zambezi basins have been published (*e.g.*, COCQUYT *et al.* 2013, 2014; TAYLOR *et al.* 2014a,b). Attempts to use diatoms as a tool for water quality of rivers in Central Africa started only recently on some small rivers in the vicinity of the Gombe Stream National Park in Tanzania (BELLINGER *et al.* 2006).

2.3. THE USE OF DIATOMS AS INDICATOR ORGANISMS IN SOUTH AFRICA

The potential of diatoms as indicators of water quality was carried out in South Africa many years ago. CHOLNOKY (1968) described the application of the THOMASSON (1925) community analysis, which he adapted to determine water quality using benthic diatom community composition. Use of the Thomasson community analysis allows for comparisons to be made between sites in the same river, or it may be used to track changes at a single site. One aspect of water chemistry is chosen for study, e.g., the amount of nitrogenous effluent. First, the sum of all the species of the genus *Nitzschia* within a particular diatom community is calculated as an abundance value. The genus *Nitzschia* is known generally to be nitrogen heterotrophic (able to utilize organically-bound nitrogen), and therefore the relative abundance of this genus in a sample gives a reflection of the amount of nitrogenous pollution at the study site. Similarly, abundance values of the acidobiontic diatom genus *Eunotia* can be used to track a pH gradient in a river system. CHOLNOKY (1968) obtained good results using this index, but the user of the Thomasson analysis method needs to have an in-depth knowledge of the autecology of individual diatom genera and species to draw accurate environmental conclusions based on diatom community composition. Cholnoky's application of the Thomasson analysis method was a forerunner of modern autecological indices, which have since become more accurate due to the development of correspondence analysis, with the advantage of being able to assign exact tolerance limits for chemical variables to not only genera, but also species.

ARCHIBALD (1972) attempted to relate diversity in some diatom communities to water quality. The diversity index approach proved to be unsuccessful, with Archibald concluding that diversity of species within a particular diatom community provides an unreliable reflection of water quality. However, the diversity approach using microalgae was a parallel development in water quality monitoring in Europe.

SCHOEMAN (1976) used diatom indicator groups in the assessment of water quality. Schoeman simplified the community analysis method of Cholnoky (discussed above) by dividing diatom associations into four groups, each with their own particular ecological requirements. Only the groups or associations were reflected in the table of results, instead of the lengthy tables used by Cholnoky. Schoeman concluded that these diatom associations or groupings could be successfully employed to assess the quality of running waters especially in regard to the trophic status. ROUND (1993) also came to the conclusion that SCHOEMAN (1976) found a good fit between groups of diatoms and chemical levels in the Jukskei-Crocodile River system, and went on to comment that the species used were similar to those in Europe.

In 1979 Lange-Bertalot developed a monitoring system for Germany based on groups of diatoms with similar tolerances towards pollution. Lange-Bertalot's

“saprobian” classification system proved, after certain modifications, to be highly successful. SCHOEMAN (1979) tested LANGE-BERTALOT’s (1979) method in the upper Hennops River, South Africa, and found a good correlation between the species composition of the diatom communities studied and the water quality. Unfortunately, this parallel development with Europe in the study of the application of diatoms as bioindicator organisms was interrupted after SCHOEMAN’s (1979) work.

Diatoms, as indicators of water quality, were only again investigated in depth in South Africa by BATE *et al.* (2002). The investigation attempted to relate a descriptive index, based on a dataset for the environmental tolerances of diatom species found in the Netherlands, to water quality in South Africa. The environmental variables generated by the VAN DAM *et al.* (1994) index include: pH, conductivity, oxygen requirements, trophic status, saprobian status and habitat requirements of a selected number of diatom species found in waters of the Netherlands (VAN DAM *et al.* 1994). BATE *et al.* (2002) came to the conclusion that benthic diatoms could be useful and that they gave a time-integrated indication of specific water quality components. However, Bate and co-workers went on to state that the particular data set, generated in the Netherlands, tested in their study, could not be transposed directly for use under South African conditions.

2.4. DEVELOPMENT OF EUROPEAN DIATOM-BASED INDICES

The various European diatom indices can be divided into different classes. The majority of the indices are based on the weighted average equation of ZELINKA & MARVAN (1961) and have the basic form:

$$index = \frac{\sum_{j=1}^n a_j s_j v_j}{\sum_{j=1}^n a_j v_j}$$

where a_j = abundance (proportion) of species j in a sample, v_j = indicator value and s_j = pollution sensitivity of species j . The performance of the indices depends on the values given to the constants s (indicator value) and v (pollution sensitivity of species) for each taxon and the values of the index range from one to an upper limit equal to the highest value of s . Diatom indices differ in the number of species used and in the values of s and v , which have been attributed after compiling the data from literature and from canonical correspondence analysis (PRYGIEL & COSTE 1993).

In 1979 Descy proposed the first true diatom index using the equation of ZELINKA & MARVAN (1961) on the basis of an investigation carried out on the Belgian section of the Sambre and Meuse rivers (PRYGIEL *et al.* 1999).

Using Descy's method (DESCY 1979) Coste (in CEMAGREF 1982) proposed an index known as the Specific Pollution sensitivity Index (SPI). The SPI index is based on one hundred and eighty-nine surveys carried out during a national monitoring programme in the period 1977 to 1980 at sites in the Rhône-Méditerranée-Corse basin. The index has been updated since 1982 in order to incorporate changes in taxonomy and new knowledge of diatom ecology.

Following the SPI, a Generic Diatom Index (GDI) was proposed (COSTE & AYPHASSORHO 1991) containing one hundred and seventy-four taxa, including genera new to science as proposed by ROUND *et al.* (1990).

LECLERCQ & MAQUET (1987) applied the method of DESCY (1979) to the Belgian Ardennes watercourses (Samson catchment area). The authors proposed new *s* and *v* values for two hundred and ten species, following an exhaustive compilation of the autecological data in scientific literature. The index was updated (LECLERCQ 1995), and now includes four hundred and three species.

DESCY & COSTE (1991) developed a diatom index for use in general water quality monitoring across Europe. The Commission for Economical Community index (or CEC) is calculated from a two-entry table, which contains two hundred and eight taxa. Horizontally, there are eight groups of taxa ranked according to decreasing tolerance for pollution by biodegradable organic matter; vertically from left to right, there are four subgroups of the more stenoeous species representing the upstream-downstream succession along a theoretical running water ecosystem.

The Artois-Picardie Diatom Index (APDI; PRYGIEL *et al.* 1996) was the result of the need expressed by French water management for a technique for wide application in monitoring networks. The APDI was designed to combine ease of use and reliability with standardized techniques. An attempt was made to reduce the number of units to be counted, the level of identification and a reduction in the number of taxa to those of most significance for index calculation (*i.e.* those taxa with a high indicator value). The requirements for ease of use and reliability were met by combining the most recent version of the GDI index and the SPI index, yielding an index based on the identification of ninety-one species belonging to forty-five genera.

The wide use of GDI and SPI in France has led to the creation of the Biological Diatom Index (BDI; LENOIR & COSTE 1996) to meet the need for an index capable of being applied to monitoring networks throughout the whole of France. The BDI was designed on the basis of one thousand three hundred and thirty-two biological and physico-chemical surveys and includes one thousand and twenty-eight diatom species and varieties. To maximize the usability of the BDI, morphologically similar species, difficult for the non-specialist to identify with light microscopy, were combined reducing the number of taxa. Rare species (less than 5 % of the inventory) were eliminated from the list, which resulted in two hundred and nine taxa being kept (PRYGIEL & COSTE 1999).

DELL'UOMO (1996) proposed an index known as the Eutrophication/Pollution Index (EPI). The EPI was designed on the basis of investigations concerning eight measurement stations in the river Chienti, a watercourse in the Central Apennines, Italy. The EPI is a specific sensitivity index, which integrates the saprobic (pollution tolerance), the trophic (trophic levels) and halobic (specific salinity requirements) aspects attributed to ninety-three diatom species.

SLADECEK (1986) applied the method of DESCY (1979) in the context of the saprobic system. Saprobity refers to the different levels of tolerance or sensitivity towards organic pollution (domestic and industrial). The values within the formula of ZELINKA & MARVAN (1961) of *s* (pollution sensitivity) and *v* (indicator value) are attributed to three hundred and twenty-three species according to their affinity for organic material expressed in the measurement of BOD₅ (Biochemical Oxygen Demand; SLADECEK 1973, 1986).

Schiefele and Kohmann in HOFMANN (1996) proposed a Trophic Diatom Index (TDI) on the basis of a three-year study of thirty-one sampling sites in five German federal states. Indicator values relating to dissolved inorganic phosphate (DIP), total phosphate (TP), nitrate and ammonia were calculated for one hundred and five diatom species. The formula of the trophic diatom index conforms to the saprobic index of ZELINKA & MARVAN (1961) and is intended to be its trophic counterpart. As a measure of the indicator quality, species-specific tolerances are weighted (one to seven) and included into the calculation. Analogous to the saprobic system, the TDI divides quality status into seven levels covering oligotrophic to hypereutrophic conditions. This TDI index is only calibrated for mesotrophic to hypereutrophic conditions (PRYGIEL *et al.* 1999).

A similar Trophic Diatom Index (TDI) was proposed by KELLY & WHITTON (1995), based on investigations at seventy sites representing fourteen hydrographical basins located in England and Scotland. The TDI index is not a general quality index, but should be considered an auxiliary tool for decision-making on phosphorus treatment in wastewater plants. The index should not be used on its own, but should be complimented by the percentage of organic pollution-tolerant taxa. Easy identification and high indicator values were the criteria for the selection of eighty-six taxa. A sensitivity value between one and five was given to each taxon, depending on the concentration at which taxa were most abundant. The final value is comprised between one (very low nutrient concentrations) and five (very high nutrient concentrations). This technique is original in that, while working with species and genera in a way, which is analogous to APDI (PRYGIEL *et al.* 1996), it also takes into account the cell size of the species. A number of changes have been implemented since the 1995 Kelly & Whitton paper, namely scale extension from 1-5 to 1-100, removal of predominantly planktonic taxa from the calculation of the index and slight changes to pollution sensitivity and indicator values for some taxa (PRYGIEL *et al.* 1999).

Diatom analyses are included in the European Water Framework Directive of 2000 and with implementation date of 22 December 2003.

3. Recent Application of Diatom Indices in Southern Africa

3.1. WHY USE DIATOMS AS INDICATOR ORGANISMS?

No single group of organisms is best suited for detecting the diversity of environmental perturbations associated with human activities (KELLY 2002). If the maintenance of ecosystem integrity is the aim of environmental management of a river system, the need to monitor the status of different taxonomic groups is vital. Diatoms provide interpretable indications of specific changes in water quality, whereas invertebrate and fish assemblages may better reflect the impact of changes in the physical habitat in addition to certain chemical changes (McCORMICK & CAIRNS 1994).

ROUND (1991) listed several reasons why animal (fish and aquatic macro-invertebrates) components of an ecosystem may not provide a satisfactory index system. Animals have complex reproductive cycles, which are often linked to the seasons; animals are largely motile and this may cause difficulty during sampling; animals may have many different life stages and may undergo metamorphosis; animals have specific habitats and niches; are actively grazed; and closely linked to flow conditions, making their distribution uneven from headwaters to estuaries. In addition, watercourses that are too deep or dangerous to wade across may prove difficult if not impossible to evaluate using a macro-invertebrate index along the length of the river.

Diatoms have several advantages over the animal (fish and aquatic macro-invertebrates) component of streams and rivers. Diatoms are an abundant, diverse and important component of algal assemblages in freshwater bodies. Diatoms comprise a large portion of total algal biomass over a broad spectrum of trophic levels (KREIS *et al.* 1985). While diatoms collectively show a broad range of tolerance along a gradient of aquatic productivity, individual species have specific habitat and water chemistry requirements (PATRICK & REIMER 1966, WERNER 1977, ROUND *et al.* 1990). In addition, diatom communities live in open waters of lakes (plankton), or primarily in association with plants (epiphyton), rocks (epilithon), sand (epipsammon) or mud (epipelon) in littoral, nearshore habitats.

Eutrophication of surface waters has a severe influence on general water quality. Numerous problems are posed in the chemical monitoring of eutrophication. Criteria for assessing trophic status from total phosphorus concentrations are based on annual average values (OECD 1982) and, in turn, criteria for assessing trophic status from total nitrogen are based on averages for the summer months (DWAF 1995). The ratio between these two elements needs to be determined before an accurate assessment of trophic status can be made.

Diatoms are useful organisms for the biomonitoring of eutrophication as they are sensitive to changes in nutrient concentrations (PAN *et al.* 1996), supply rates and ratios (*e.g.*, Si:P: TILMAN 1977, TILMAN *et al.* 1982). Because diatoms are primarily photo-autotrophic organisms, they are directly affected by changes in

nutrient and light availability (TILMAN *et al.* 1982). Each taxon has a specific optimum and tolerance limit for nutrients, which can usually be quantified to a high degree of certainty (*e.g.*, P: HALL & SMOLL 1992; REAVIE *et al.* 1995; FRITZ *et al.* 1993; BENNION 1994, 1995; BENNION *et al.* 1996; N: CHRISTIE & SMOL 1993).

Diatom assemblages are typically species-rich. This diversity of diatoms in different population densities, composition and overall abundance, contains considerable ecological information. Moreover, the large number of taxa provides redundancies of information and important internal checks in datasets, which increase confidence of environmental inferences (DIXIT *et al.* 1992).

In addition to the above factors the response of diatoms to perturbation and recovery is rapid (ZEEB *et al.* 1994). Diatoms have one of the shortest generation times of all biological indicator groups (ROTT 1991). They reproduce and respond rapidly to environmental change and provide early warnings of both pollution increase and habitat restoration success. Rapid immigration rates and the lack of physical dispersal barriers ensure that there is little lag-time between perturbation and response (VINEBROOKE 1996).

ROUND (1993) listed numerous reasons why diatoms are useful tools for bio-monitoring, amongst which the following bear special relevance to the southern and Central African situation: diatom-based methods are cost-effective; data are comparable (national and international); techniques are rapid and accurate; identifications and counts can be done by trained non-specialists, if they are provided with illustrated guides. Diatom-based indices could be particularly valuable in assessing rivers because a one-time assay of species composition of diatom assemblages in the system could provide better characterizations of physical and chemical conditions than conventional physico-chemical techniques (STEVENSON & PAN 1999). In addition, by sampling stream biota, a reflection of the biological integrity of the stream may be gained. The structure of the community may not directly reflect the measured concentrations of water quality variables. This may be due to a number of reasons: either the chemical constituent was not sampled for or, if sampled, it was below the levels of detection in the particular laboratory performing the analysis, or, either synergistic or antagonistic reactions took place between several chemical constituents within the stream or river. For this reason, measuring the integrity of the biotic community sampled, rather than just the relationship between biota and chemical concentrations, provides an indication of general stream health, as stream biota are directly exposed to all the elements within the particular water body they inhabit. The community structure of a selected group of organisms provides an integrated reflection of all the chemical variables that influence that particular group of biota.

Taxonomic difficulties may also be avoided by using a simplified diatom index such as the Generic Diatom Index (GDI) of COSTE & AYPHASSORHO (1991). GDI allows for the determination of water quality at a particular site,

based on the identification of diatoms to the genus level. GDI index has been found comparable to indices such as the Specific Pollution sensitivity Index (SPI; CEMAGREF 1982), which is based on a large number of taxa (KELLY *et al.* 1995, KWANDRANS *et al.* 1998). The genus-level approach has also proved to be successful in Taiwanese waters using a specific index based on only six genera and the ratio of occurrence between these six genera (WU & KOW 2002). Strong correlations were found between the Taiwanese generic index and other diatom-based indices of water quality (WU & KOW 2002). Currently this may be the only sensible approach to adopt for Central African rivers (see discussion below).

3.2. THE APPLICATION OF EUROPEAN DIATOM-BASED INDICES IN SOUTH AFRICA

Diatom indices developed in Europe were identified as possible useful tools for monitoring water quality and were tested in South Africa. TAYLOR (2004) and TAYLOR *et al.* (2007a,b) examined the use of numerical diatom indices for indicating water quality in some of the most important river systems in South Africa. In general, these studies conclude that European, diatom-based numerical water quality indices could be used with success in South Africa. However, TAYLOR *et al.* (2007b) highlighted the following potential problems:

- The list of taxa included in the indices needs to be adapted to the studied region. Most European diatom indices may be used in many regions and also in South Africa as they are based on the ecology of widely distributed or cosmopolitan taxa. However, special attention should be paid to taxa occurring in pristine water (*e.g.*, *Achnantheidium standeri* (Cholnoky) J. C. Taylor, Morales & Ector) as well as endemic taxa, which are absent in the indices reference lists (*e.g.*, *Gomphonema venusta* Passy, Kociolek & R. L. Lowe). When these taxa are abundant, water quality may be misinterpreted.
- Diatom taxonomy is undergoing rapid changes, especially at the genus level. Local floras, guides and methods to be used must be consistent. Some European indices (as discussed above) were proposed in the seventies or in the eighties and have never been revised. Thus, several common and abundant taxa, some of which being newly or recently described, may not have been taken into account and have led to erroneous results. There are also several different approaches to taxonomy when calculating index scores. For example, *Achnantheidium pyrenaicum* (Hustedt) H. Kobayasi is part of the BDI (Biological Diatom Index; LENOIR & COSTE 1996) taxa list, even if lumped with *Achnantheidium minutissimum* (Kützing) Czarnecki, but is not considered in other European indices such as TDI (Trophic Diatom Index; KELLY & WHITTON 1995) for example. Such an exclusion will possibly change index scores as these two taxa have a different ecology: *A. pyrenaicum* is characteristic of pristine calcareous rivers while *A. minutissimum* is considered as

a cosmopolitan pioneer taxon. In the case of BDI, many taxa have been lumped because of the difficulty to separate them in routine surveillance, even if their ecology is different.

- It has been highlighted in other studies that classification systems based on species tolerances should be carefully considered as built, to a greater or lesser extent, from local data. For example, ROTT *et al.* (2003) noted that when using BDI, resulting index scores classified Austrian rivers as relatively good, even though large nutrient loads should have lead them to be classified as eutrophic, poor quality rivers. It should be noted that BDI was developed from data collected from the French national monitoring network, which was aimed almost solely at monitoring impacts on water quality.

The index approach was deemed useful in South Africa to provide information on water quality impacts on rivers and streams. The studies also demonstrated that many widely distributed diatom species have similar environmental tolerances to those recorded for these species in Europe and elsewhere.

4. Diatom Taxonomy and Diatom Species Concept Drift

When diatoms were first systematically studied and documented, a brief description was accompanied by an often minute drawing (KUTZING 1844). These drawings were also made from freshly collected material or material dried to thin sheets of mica. Surprisingly, despite this, some species concepts remain remarkably stable (see discussion in TAYLOR *et al.* 2014c). However, others are far less stable, especially when the original author of the taxon did not provide a clear species concept (see discussion below). As diatom studies advanced, diatoms were documented, again, mostly with drawings, but from cleaned material mounted in media with a high refractive index allowing the morphology of the cells to be better observed, and such drawings are open to interpretation. When photomicroscopy became more accessible and commonly used, species concepts could be firmly established. Added to this, the rules for botanical nomenclature changed in 1958, requiring the description of a species from a single type slide/sample, allowing less room for error in interpretation of the original author's concept by later workers. Drawings of cells are always open to interpretation and shifts come about as one author identifies what he assumes to be a previously described taxon and then in turn often illustrates this taxon himself. This new illustration may sometimes be more easily available to the scientific community than the original. If the concepts of the species differ, the newer illustration can take precedence simply because of the availability of literature. This has been in particular true for Africa, as literature, even now with the availability of electronic resources, still remains difficult for Central African scientists to obtain. With drawings these subtle shifts can occur several times, distancing the species

far from its original concept and perhaps even from the generic classification. As mentioned before, as photographic floras were published, species concepts became more stable, but these stable concepts may still have been based on misinterpretation. Several attempts to remedy this problem have been made: *e.g.*, SCHOEMAN & ARCHIBALD (1976-1980) set about describing in detail the diatom flora of South Africa by checking the type slide of each species they discussed, bringing together the original drawings, light microscope and electron microscope images. Unfortunately, for a number of reasons this work was discontinued. Recently however, there has been a resurgence within the scientific community of the notion that we cannot accurately describe and discuss the ecology of taxa without referring to the type material (TAYLOR *et al.* 2014c, MORALES *et al.* 2013, WETZEL *et al.* 2013). However, such research is time-consuming and possibly not necessary to successfully apply indices. For this reason the use of species-based indices, such as those currently used in South Africa, is not currently recommended for Central Africa. We propose, for the moment, that genus-based indices be used in this region.

5. Conclusions and Recommendations for the Use of Diatom Indices in Central Africa

For the foreseeable future the application of species-level diatom indices will not be possible in Central Africa, the reasons for this are manifold but include in particular the following:

- Diatom species, and even some genera, from this region are relatively unknown and many undescribed;
- Published literature from the region on species identification and environmental tolerances is scarce but necessary to construct indices;
- Lack of expertise in Central Africa to identify diatoms.

In South Africa when index testing began, although exhaustive knowledge of the local taxa and their requirements was lacking, these indices were applied in river monitoring programmes to reflect water quality (TAYLOR *et al.* 2007a). Although this is far from an ideal situation, the inclusion of these techniques allowed for sample and data collection, which in turn could be used to fill taxonomic gaps (TAYLOR *et al.* 2010) and gain information on species distribution and environmental tolerances. Coupled with the production of guides for identification and methodology (TAYLOR *et al.* 2007b,c), the technique has now gained impetus and is one of the routinely-used tools in biomonitoring nationally.

We propose a similar solution for Central Africa. As discussed, species identifications cannot be made with any great certainty; however, genus identifications may be simpler to achieve. Recently diatom taxonomy and nomenclature

have undergone a number of changes, in particular very large diatom genera have been split into more natural groups. These splits also very often have very specific environmental tolerance (*e.g.*, *Humidophila* (Lange-Bertalot & Werum) R. L. Lowe, Kociolek, Johansen, Van de Vijver, Lange-Bertalot & Kopalová). In essence there are now more genera so that we can expect greater resolution in the use of genus-based indices. If accurately identified, taxa could be used for the calculation of a genus level index and this in turn could be used to indicate, with some degree of accuracy, reigning environmental conditions. A region specific guide is a vital resource. Such guides are by no means exhaustive, neither do they pretend to be, but instead provide a first introduction into the world of diatoms for many students and other interested workers. Once a reliable guide (coupled with relevant methodology) to the genera of tropical Africa is available, scientists in Central Africa can receive adequate training in diatom identification and start with the application and testing of indices based on diatom genus level.

ACKNOWLEDGEMENTS

This research was undertaken within the projects COZADIMO and COBAFISH (SD/AR/05A) funded by the Belgian Federal Science Policy. J. C. Taylor is a beneficiary of a mobility grant from the Marie Curie Actions of the European commission cofinanced by the Belgian Federal Science Policy. J. C. Taylor is the recipient of South African National Research Foundation (NRF) incentive funding. Any opinions, findings and conclusions or recommendations expressed in this material are those of the author(s) and therefore the NRF does not accept any liability in regard thereto.

REFERENCES

- ARCHIBALD, R. E. M. 1972. Diversity in some South African diatom associations and its relation to water quality. — *Water Research*, **6**: 1229-1238.
- BATE, G. C., ADAMS, J. B. & VAN DER MOLEN, J. S. 2002. Diatoms as Indicators of Water Quality in South African River Systems. — Pretoria, Water Research Commission, WRC Report No. 814/1/02.
- BELLINGER, B. J., COCQUYT, C. & O'REILLY, C. M. 2006. Benthic Diatoms as Indicators of Eutrophication in Tropical Streams. — *Hydrobiologia*, **573**: 75-87.
- BENNION, H. 1994. A diatom-phosphorus transfer-function for shallow, eutrophic ponds in Southeast England. — *Hydrobiologia*, **275/276**: 391-410.
- BENNION, H., JUGGINS, S. & ANDERSON, N. J. 1996. Predicting epilimnetic phosphorus concentrations using an improved diatom-based transfer function and its application to lake management. — *Environmental Science and Technology*, **30**: 2004-2007.
- CEMAGREF 1982. Etude des méthodes biologiques quantitatives d'appréciation de la qualité des eaux. — Pierre-Bénite, Agence financière du Bassin Rhône – Méditerranée – Corse, Rapport Division Qualité des Eaux Lyon.

- CHOLNOKY, B. J. 1960. Beiträge zur Kenntnis der Diatomeenflora von Natal (Südafrika). — *Nova Hedwigia*, **2**: 1-128.
- CHOLNOKY, B. J. 1964. Die Diatomeenflora einiger Gewässer der Ruwenzori-Gebirge in Zentralafrika. — *Nova Hedwigia*, **8**: 55-101.
- CHOLNOKY, B. J. 1968. Die Ökologie der Diatomeen in Binnengewässern. — Lehre, J. Cramer.
- CHRISTIE, C. E. & SMOL, J. P. 1993. Diatom assemblages as indicators of lake trophic status in south eastern Ontario lakes. — *Journal of Phycology*, **29**: 575-586.
- CLEVE, P. T. 1881. On some new and little known diatoms. — *Kungliga Svenska Vetenskapsacademiens Handlingar*, **18** (5): 1-28 + 6 plates.
- COCQUYT, C. 2006. Lacustrine and Riverine Algal Biodiversity in the African Great Rift Area. — In: DE DAPPER, M. & DE LAME, D. (Eds.), Africa's Great Rift: Diversity and Unity (Proceedings International Conference, Brussels, 29-30 Sept. 2005), Royal Academy for Overseas Sciences & Royal Museum for Central Africa, pp. 59-71.
- COCQUYT, C., DE HAAN, M. & TAYLOR, J. C. 2013. *Cavinula lilandae* (Bacillariophyta), a new diatom species from the Congo Basin. — *Diatom Research*, **28**: 157-163.
- COCQUYT, C., TAYLOR, C. J. & WETZEL, C. E. 2014. *Stenopterobia cataractarum* spec. nov. (Bacillariophyta), a new benthic diatom from a waterfall in Zambia, Africa. — *Phytotaxa*, **158**: 76-84.
- COMPÈRE, P. 1989. *Stauroneis zairensis* sp. nov. d'un étang de pisciculture à Kinshasa, Zaïre. — *Diatom Research*, **4**: 217-225.
- COMPÈRE, P. 1995. *Gomphonema zairensis* sp. nov. from the Tshopo waterfalls (Kisangani, Zaïre). — *Diatom Research*, **10**: 31-37.
- COSTE, M. & AYPHASSORHO, H. 1991. Etude de la qualité des eaux du Bassin Artois-Picardie à l'aide des communautés de diatomées benthiques (application des indices diatomiques). — Douai, Bordeaux – Agence de l'Eau Artois-Picardie, Rapport CEMAGREF.
- COX, E. J. 1996. Identification of Freshwater Diatoms from Live Material. — London, Chapman & Hall.
- DELL'UOMO, A. 1996. Assessment of water quality of an Apennine river as a pilot study. — In: WHITTON, B. A. & ROTT, E. (Eds.), Use of Algae for Monitoring Rivers II. Universität Innsbruck, Institut für Botanik, pp. 65-73.
- DESCY, J.-P. 1979. A new approach to water quality estimation using diatoms. — *Nova Hedwigia*, **64**: 305-323.
- DESCY, J.-P. & COSTE, M. 1991. A test of methods for assessing water quality based on diatoms. — *Verhandlungen der Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, **24**: 2112-2116.
- DIXIT, S. S., SMOL, J. P., KINGSTON, J. C. & CHARLES, D. F. 1992. Diatoms: Powerful indicators of environmental change. — *Environmental Science and Technology*, **26**: 23-33.
- DWAF (Department of Water Affairs and Forestry) 1995. Draft of South African Water Quality Guidelines. Vol. 7: Aquatic Ecosystems. — Pretoria, Department of Water Affairs and Forestry.
- EHRENBERG, C. G. 1845. Mitteilungen über die mikroskopischen Lebensformen von Portugal und Spanien, Süd-Afrika, Hinter-Indien, Japan und Kurdistan. Noverum generum et specierum brevis definitio. — *Bericht über die zur Bekanntmachung geeigneten Verhandlungen der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, pp. 357-381.

- FABRI, R. & LECLERCQ, L. 1984. Etude écologique des rivières du nord du massif ardennais (Belgique). Flore et végétation de diatomées et physico-chimie des eaux. Contexte mésologique. Méthodes. Analyses physico-chimiques. Synthèse taxonomique, écologique et floristique. Iconographie, bibliographie. — Robertville, Station Science, Hautes-Fagnes.
- FRITSCH, F. E. 1918. Contributions to our knowledge of the freshwater algae of Africa. 2: A first report on the freshwater algae mostly from the Cape Peninsula in the herbarium of the South African Museum. — *Annals of the South African Museum*, **9**: 483-611.
- FRITZ, S. C., KINGSTON, J. C. & ENGSTROM, D. R. 1993. Quantitative trophic reconstructions from sedimentary diatom assemblages: A cautionary tale. — *Freshwater Biology*, **30**: 1-23.
- GIFFEN, M. H. 1966. Contributions to the diatom flora of South Africa. II. Diatoms from the Hog's Back region of the Amatola Mountains, Eastern Cape Province, South Africa. — *Nova Hedwigia Beihefte*, **21**: 123-150 + 8 plates.
- GOLAMA SWANA KAKETA, A. 1996. Bacillariophycées, Desmidiées et Euglénophycées de la région de Kisangani (Zaire). — *Mémoires Académie royale des Sciences d'Outre-Mer*, N. S., **23** (3), 232 pp.
- HALL, R. I. & SMOL, J. P. 1992. A weighted-averaging regression and calibration model for inferring total phosphorus concentration from diatoms in British Columbia (Canada) lakes. — *Freshwater Biology*, **27**: 417-434.
- HOFMANN, G. 1996. Recent development in the use of benthic diatoms for monitoring eutrophication and organic pollution in Germany and Austria. — In: WHITTON, B. A. & ROTT, E. (Eds.), *Use of Algae for Monitoring Rivers II*. Universität Innsbruck, Institut für Botanik, pp. 73-79.
- HUSTEDT, F. 1949. Süßwasser-Diatomeen. — In: *Exploration du Parc National Albert*, Mission H. Dumas (1935-1936). Bruxelles, Institut des Parcs Nationaux du Congo Belge, **8**, 199 pp. + 16 plates.
- KELLY, M. G. 1998. Use of community-based indices to monitor eutrophication in European rivers. — *Environmental Conservation*, **25**: 22-29.
- KELLY, M. G. 2002. Role of benthic diatoms in the implementation of the Urban Wastewater Treatment Directive in the River Wear, North-East England. — *Journal of Applied Phycology*, **14**: 9-18.
- KELLY, M. G. & WHITTON, B. A. 1995. The trophic diatom index: A new index for monitoring eutrophication in rivers. — *Journal of Applied Phycology*, **7**: 433-444.
- KREIS, R. G., STOERMER, E. F. & LADEWSKI, T. B. 1985. Phytoplankton Species Composition, Abundance, and Distribution in Southern Lake Huron, 1980. Including a Comparative Analysis with Conditions in 1974 Prior to Nutrient Loading Reductions. — Ann Arbor (MI), University of Michigan, Great Lakes Research Division, Special Report no. 107.
- KUFFERATH, H. 1948. Potamoplancton du fleuve Congo prélevé près de Nouvelle-Anvers. — *Bulletin Musée royal d'Histoire naturelle de Belgique*, **24** (23): 1-18.
- KUFFERATH, H. 1956a. Algues et protistes du fleuve Congo au large de l'île de Mateba. — In: *Expédition océanographique belge dans les eaux côtières africaines de l'Atlantique Sud (1948-1949). Résultats scientifiques*. Bruxelles, Institut royal des Sciences naturelles de Belgique, Algues et protistes du fleuve Congo dans le Bas-Congo et de son estuaire, **5** (1): 1-25.
- KUFFERATH, H. 1956b. Algues et protistes prélevés au large et dans la crique de Banana. — In: *Expédition océanographique belge dans les eaux côtières africaines de*

- l'Atlantique Sud (1948-1949). Résultats scientifiques. Bruxelles, Institut royal des Sciences naturelles de Belgique, Algues et protistes du fleuve Congo dans le Bas-Congo et de son estuaire, **5** (2): 33-37.
- KUTZING, F. T. 1844. Die Kieselchaligen Bacillarien oder Diatomeen. — Nordhausen, W. Köhne.
- LANGE-BERTALOT, H. 1979. Pollution tolerance as a criterion for water quality estimation. — *Nova Hedwigia*, **64**: 285-304.
- LECLERCQ, L. 1995. Application d'indices chimique et diatomique de la qualité des eaux courantes utilisant les peuplements de diatomées d'une station d'épuration par lagunage à macrophytes-microphytes (Doische, prov. Namur, Belgique). — *Vie et Milieu (Life and Environment)*, **45**: 187-198.
- LECLERCQ, L. & MAQUET, B. 1987. Deux nouveaux indices chimique et diatomique de qualité d'eau courante. Application au Samson et à ses affluents (bassin de la Meuse belge). Comparaison avec d'autres indices chimiques, biocénotiques et diatomiques. — Institut royal des Sciences naturelles de Belgique, document de travail, 28.
- LENOIR, A. & COSTE, M. 1996. Development of a practical diatom index of overall water quality applicable to the French National Water Board Network. — *In*: WHITTON, B. A. & ROTT, E. (Eds.), *Use of Algae for Monitoring Rivers II*. Universität Innsbruck, Institut für Botanik, pp. 29-45.
- MCCORMICK, P. V. & CAIRNS, J. Jr. 1994. Algae as indicators of environmental change. — *Journal of Applied Phycology*, **6**: 509-526.
- MORALES, E. A., GUERRERO, J. M., WETZEL, C. E., SALA, S. & ECTOR, L. 2013. Unraveling the identity of *Fragilaria pinnata* Ehrenberg and *Staurosira pinnata* Ehrenberg: Research in progress on a convoluted story. — *Cryptogamie, Algologie*, **34**: 89-102.
- MPAWENAYO, B. 1996. Les eaux de la plaine de la Rusizi (Burundi): les milieux, la flore et la végétation algales. — *Mémoires Académie royale des Sciences d'Outre-Mer*, N. S., **23** (2), 236 pp.
- MULLER, O. 1903. Bacillariaceen aus dem Nyassalande und einigen benachbarten Gebieten. I. — *Botanische Jahrbücher*, **34**: 9-38.
- MULLER, O. 1904. Bacillariaceen aus dem Nyassalande und einigen benachbarten Gebieten. II. — *Botanische Jahrbücher*, **35**: 256-301.
- MULLER, O. 1905. Bacillariaceen aus dem Nyassalande und einigen benachbarten Gebieten. III. — *Botanische Jahrbücher*, **36**: 137-205.
- MULLER, O. 1910. Bacillariaceen aus dem Nyassalande und einigen benachbarten Gebieten. IV. — *Botanische Jahrbücher*, **45**: 69-122.
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) 1982. Eutrophication of waters: Monitoring, assessment and Control. — Paris, OECD, Technical Report.
- PAN, Y., STEVENSON, R. J., HILL, B. H., HERLIHY, A. T. & COLLINS, G. B. 1996. Using diatoms as indicators of ecological conditions in lotic systems: A regional assessment. — *Journal of the North American Benthological Society*, **15**: 481-495.
- PATRICK, R. & REIMER, C. 1966. The Diatoms of the United States. — Philadelphia (PA), Academy of Natural Sciences, **1** (3).
- PRYGIEL, J. & COSTE, M. 1993. Utilisation des indices diatomiques pour la mesure de la qualité des eaux du bassin Artois-Picardie: bilan et perspectives. — *Annales de Limnologie*, **29**: 225-267.

- PRYGIEL, J. & COSTE, M. 1999. Progress in the use of diatoms for monitoring rivers in France. — *In*: PRYGIEL, J., WHITTON, B. A. & BURKOWSKA, J. (Eds.), Use of Algae for Monitoring Rivers III. France, Agence de l'Eau Artois-Picardie.
- PRYGIEL, J., LEVEQUE, L. & ISERENTANT, R. 1996. Un nouvel indice diatomique pratique pour l'évaluation de la qualité des eaux en réseau de surveillance. — *Revue des Sciences de l'Eau*, **1**: 97-113.
- PRYGIEL, J., COSTE, M. & BURKOWSKA, J. 1999. Review of the major diatom-based techniques for the quality assessment of rivers – State of the art in Europe. — *In*: PRYGIEL, J., WHITTON, B. A. & BURKOWSKA, J. (Eds.), Use of Algae for Monitoring Rivers III. France, Agence de l'Eau Artois-Picardie.
- REAVIE, E. D., HALL, R. I. & SMOL, J. P. 1995. An expanded weighted-averaging model for inferring past total phosphorus concentrations from diatom assemblages in eutrophic British Columbia (Canada) lakes. — *Journal of Paleolimnology*, **14**: 49-67.
- RICH, F. 1932. Contributions to our knowledge of the freshwater algae of Africa. 10: Phytoplankton from South African Pans and vleis. — *Transactions of the Royal Society of South Africa*, **20**: 207-220.
- ROTT, E. 1991. Methodological aspects and perspectives in the use of periphyton for monitoring and protecting rivers. — *In*: WHITTON, B. A., ROTT, E. & FRIEDRICH, G. (Eds.), Use of Algae for Monitoring Rivers. Universität Innsbruck, Institut für Botanik.
- ROTT, E., PIPP, E. & PFISTER, P. 2003. Diatom methods developed for river quality assessment in Austria and a cross-check against numerical trophic indication methods used in Europe. — *Algological Studies*, **110**: 91-115.
- ROUND, F. E. 1991. Diatoms in river water-monitoring studies. — *Journal of Applied Phycology*, **3**: 129-145.
- ROUND, F. E. 1993. A Review and Methods for the Use of Epilithic Diatoms for Detecting and Monitoring Changes in River Water Quality. Methods for the examination of water and associated materials. — London, HMSO Publications.
- ROUND, F. E., CRAWFORD, R. M. & MANN, D. G. 1990. The Diatoms: Biology and Morphology of the Genera. — Cambridge, Cambridge University Press.
- SCHOEMAN, F. R. 1976. Diatom indicator groups in the assessment of water quality in the Jukskei-Crocodile river system (Transvaal, Republic of South Africa). — *Journal Limnological Society South Africa*, **2**: 21-24.
- SCHOEMAN, F. R. 1979. Diatoms as indicators of water quality in the upper Hennops River. — *Journal Limnological Society South Africa*, **5**: 73-78.
- SCHOEMAN, F. R. & ARCHIBALD, R. E. M. 1976-1980. The Diatom Flora of Southern Africa. — Pretoria, National Institute for Water Research.
- SCHOEMAN, F. R. & ARCHIBALD, R. E. M. 1986. Observations on *Amphora* species (Bacillariophyceae) in the British Museum (Natural History) V. Some species from the subgenus *Amphora*. — *South African Journal of Botany*, **52**: 425-437.
- SLADECEK, V. 1973. Systems of water quality from the biological point of view. — *Archiv für Hydrobiologie und Ergebnisse Limnologie Beiheft*, **7**: 1-217.
- SLADECEK, V. 1986. Diatoms as indicators of organic pollution. — *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica*, **14**: 555-566.
- STEVENSON, R. & PAN, Y. 1999. Assessing environmental conditions in rivers and streams with diatoms. — *In*: STOERMER, E. F. & SMOL, J. P. (Eds.), The Diatoms: Applications for the Environmental and Earth Sciences. Cambridge, Cambridge University Press.

- TAYLOR, J. C. 2004. The application of diatom-based pollution indices in the Vaal catchment. — Potchefstroom (South Africa), Potchefstroom Campus of the North-West University (unpublished Master thesis).
- TAYLOR, J. C., JANSE VAN VUUREN, M. S. & PIETERSE, A. J. H. 2007a. The application and testing of diatom-based indices in the Vaal and Wilge rivers, South Africa. — *Water SA*, **33**: 51-60.
- TAYLOR, J. C., PRYIEL, J., VOSLOO, A., DE LA REY, P. A. & VAN RENSBURG, L. 2007b. Can diatom-based pollution indices be used for bio-monitoring in South Africa? A case study of the Crocodile West and Marico water management area. — *Hydrobiologia*, **592**: 455-464.
- TAYLOR, J. C., KARTHICK, B., COCQUYT, C. & LANG, P. 2014a. *Diploneis fenestrata* spec. nov. (Bacillariophyta), a new aerophilic diatom species from Zambia, Africa. — *Phytotaxa*, **167**: 79-88.
- TAYLOR, J. C., KARTHICK, B., KOCIOLEK, J. P., WETZEL, C. E. & COCQUYT, C. 2014b. *Actinellopsis murphyi* gen. et spec. nov.: A new small-celled freshwater diatom (Bacillariophyta, Eunotiales) from Zambia. — *Phytotaxa*, **178**: 128-137.
- TAYLOR, J. C., COCQUYT, C., KARTHICK, B. & VAN DE VIJVER, B. 2014c. Analysis of the type of *Achnanthes exigua* Grunow (Bacillariophyta) with the description of a new Antarctic diatom species. — *Fottea*, **14** (1): 43-51.
- THOMASSON, K. 1925. Methoden zur Untersuchung der Mikrophyten der limnischen Litoral- und Profundalzone. — In: ABDERHALDEN, E. (Ed.), *Handbuch der Biologischen Arbeitsmethoden*, Abt. IX, Teil 2, 1. Berlin.
- TILMAN, D. 1977. Resource competition between planktonic algae: An experimental and theoretical approach. — *Ecology*, **58**: 338-348.
- TILMAN, D., KILHAM, S. S. & KILHAM, P. 1982. Phytoplankton community ecology: The role of limiting nutrients. — *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, **13**: 349-372.
- VAN DAM, H., MERTENS, A. & SINKELDAM, J. 1994. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. — *Netherlands Journal of Aquatic Ecology*, **28**: 177-133.
- VINEBROOKE, R. D. 1996. Abiotic and biotic regulation of periphyton in recovering acidified lakes. — *Journal of the North American Benthological Society*, **15**: 318-331.
- WERNER, D. 1977. *The Biology of Diatoms*. — Berkeley (CA), University of California Press.
- WEST, G. S. 1907. Report on the freshwater algae, including phytoplankton of the Third Tanganyika Expedition, conducted by Dr. W. A. Cunningham 1904-1905. — *Journal of the Linnean Society of London: Botany*, **38**: 81-197.
- WU, J. T. & KOW, L. T. 2002. Applicability of a generic index for diatom assemblages to monitor pollution in the tropical River Tsanwun, Taiwan. — *Journal of Applied Phycology*, **14**: 63-69.
- WETZEL, C. E., MORALES, E. A., HINZ, F., BICUDO, D. C. & ECTOR, L. 2013. *Fragilari forma javanica* comb. nov.: Analysis of type material of a widely reported species with a tropical distribution. — *Diatom Research*, **28**: 373-379.
- ZEEB, B. A., CHRISTIE, C. E., SMOL, J. P., FINDLAY, D. L., KLING, H. & BIRKS, H. J. B. 1994. Responses of diatom and chrysophyte assemblages in Lake 227 sediments to experimental eutrophication. — *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **51**: 2300-2311.
- ZELINKA, M. & MARVAN, P. 1961. Zur Präzisierung der Biologischen Klassifikation der Reinheit Fliessender Gewässer. — *Archiv für Hydrobiologie*, **57**: 389-407.

Utilité des courbes locales de croissance en santé publique. Le cas des enfants de Quito*

par

Martine VERCAUTEREN¹, Mathieu ROELANTS², Roland HAUSPIE³,
Claude MONNIER¹, Yvan LEPAGE¹ & Juan CRUZ-ALBORNOZ⁴

MOTS-CLES. — Etude de croissance; Santé publique; Equateur; Vie en altitude.

RESUME. — La stature et le poids se révèlent des indicateurs précieux des conditions de vie d'une population et de santé d'un individu pendant toute sa période de croissance. En santé publique, les abaques de croissance sont indispensables pour évaluer et suivre l'état de santé d'un enfant car ils renseignent notamment les limites d'un développement «normal» (percentiles 2,5-97,5). En Equateur, cependant, les pédiatres ne disposent pas de courbes de croissance spécifiques et doivent dès lors utiliser les références de l'OMS. Ces dernières ne sont pas appropriées pour cette population, dont une proportion non négligeable vit en altitude, paramètre qui entraîne des adaptations physiques chez les sujets, dont une taille moyenne plus petite. Nos études ont permis de mettre en évidence les caractéristiques du développement morphologique des enfants vivant à Quito et ses environs; elles soulignent une taille moyenne nettement inférieure aux normes de références OMS, mais également des taux de surpoids et d'obésité non négligeables. De nouvelles formes de déséquilibre alimentaire sont apparues et pourraient devenir préoccupantes.

TREFWOORDEN. — Groeistudie; Openbare gezondheid; Ecuador; Op grote hoogte leven.

SAMENVATTING. — *Nut van de lokale groeikurven in openbare gezondheid. Voorbeeld: de kinderen van Quito.* — De gestalte en het gewicht zijn duidelijke aanduidingen aangaande de stand van een bevolking en de gezondheid van een persoon gedurende zijn groei periode. In de controle van de algemene gezondheid zijn de groeikurven onmisbaar om de staat van gezondheid van een kind te volgen, zoals de evolutie ervan, aangezien dat zij de ontwikkelingsnormen aanduiden van een „normale” groei (percentiles 2,5-97,5). Nochtans beschikken de kinderartsen in Ecuador geen lokale groeikurven en moeten ze gebruik maken van de WGO gegevens. Doch deze laatste zijn niet geschikt voor deze

* Communication présentée à la Classe des Sciences naturelles et médicales tenue le 24 mars 2015. Texte reçu le 11 octobre 2015, soumis à *peer-review*. Version définitive, approuvée par les *reviewers*, reçue le 3 mai 2016.

¹ Faculté des Sciences, Anthropologie et Génétique humaine, Université Libre de Bruxelles, campus du Solbosch CP 192, av. F. D. Roosevelt 50, B-1050 Bruxelles (Belgique).

² Omgeving en Gezondheid, KU Leuven, Kapucijnenvoer 35, blok d, bus 7001, B-3000 Leuven (Belgique).

³ Zoology Research Unit, Vrije Universiteit Brussel, Pleinlaan 2, B-1050 Bruxelles (Belgique).

⁴ Vice-recteur Universidad Tecnológica Equinoccial, campus matriz, calle Rumipamba s/n, Quito (Equateur).

bevolking waarvan een groot deel op grote hoogte leeft, en voor wie aanpassingen nodig zijn omdat in deze gevallen een gemiddelde kleinere gestalte wordt waargenomen. Onze studies hebben ons de mogelijkheid gegeven van de morfologische ontwikkeling van de kinderen van Quito en omgeving duidelijk te beschrijven: een gemiddelde gestalte duidelijk lager dan de WGO referenties, maar ook — niet te onderschatten — te veel overgewicht. Ook nieuwe vormen van gebrek aan voedingsevenwicht kunnen ons bezorgd maken.

KEYWORDS. — Growth Study; Public Health; Ecuador; Life at High Altitude.

SUMMARY. — *Usefulness of Local Growth Curves in Public Health. The Case of Quito's Children.* — Stature and weight are good indicators of the living conditions of a population and give a valuable tool to assess their global health, especially during growth. In public health, graphs of growth are essential in order to evaluate and follow up the health status of a child as they set the limits of a “normal” development pattern (percentiles 2.5-97.5). In Ecuador, however, paediatricians do not have specific growth curves and have to use the references set up by the WHO, although these references are not suited to its population. In fact, a significant proportion of the population lives at high altitude and shows physical adaptations to this environment, among which a smaller average height. Our surveys have brought to light some characteristics of the morphological growth specific to children living in Quito and its surrounding area. They show a height substantially lower than the WHO reference standards, but also significant overweight and obesity rates. New forms of diet imbalances are emerging and could be of particular concern.

1. Introduction

Dès la fin des années 1970, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a préconisé, pour tous les enfants, l'utilisation des mêmes références de croissance: celles du Centre national de statistiques sanitaires des Etats-Unis, basées sur la croissance de nourrissons américains, nourris au lait maternisé. Récemment (2007), la même institution a mis au point, pour les enfants de zéro à cinq ans, les «nouvelles normes de croissance OMS» à portée mondiale (six pays, cette fois, représentant presque tous les continents, ont participé aux collectes des données: Etats-Unis, Norvège, Brésil, Inde, Ghana et Oman), basées sur des enfants nourris au sein pendant plusieurs mois et vivant dans un environnement socioéconomique favorable (WHO 2007). Depuis, de nombreux pays se sont alignés sur ces recommandations et ont adopté ces courbes pour leurs populations. D'autres les utilisent, mais en y apportant une certaine réserve; d'autres encore, après les avoir testées, hésitent à les employer... Il est vrai que si le désir d'harmonisation est présent, la représentativité de ces «courbes universelles» soulève encore quelques débats.

Dans les années 1950 et 1960, de nombreuses études ont mis en évidence des variations considérables de la croissance: variations entre ethnies, entre populations, au sein d'une même population, voire d'une même famille (EVELETH &

TANNER 1990). Il faut bien constater que de multiples facteurs interagissent sur le développement physique: génétiques, bien sûr, mais aussi environnementaux, socioéconomiques, familiaux, alimentaires, de santé, etc. Cependant, les conclusions de nombreux travaux ont montré que les variations entre populations étaient moins grandes que prévu et qu'au contraire, une part considérable des écarts de croissance s'expliquait surtout par l'appartenance sociale et familiale des enfants (HABICHT *et al.* 1984, HAUSPIE *et al.* 1980). En effet, en corrigeant ce facteur, c'est-à-dire en comparant des groupes homogènes de différentes populations, les courbes deviennent clairement plus semblables. Ces faits ont contribué bien évidemment au désir d'utiliser des normes similaires de par le monde, la question restant dans le choix du groupe représentatif de ces courbes.

Pour autant, même s'il était possible de prendre en compte les facteurs socioéconomiques, toutes les populations montrent-elles un développement similaire? N'y a-t-il pas des groupes présentant des particularités spécifiques? On peut penser, bien sûr, aux populations pygmées dont le développement révèle l'importance de la plasticité de la croissance dans l'évolution humaine, que ce soit au niveau de la taille adulte ou au niveau du rythme même du développement (RAMIREZ ROZZI *et al.* 2015).

Mais que dire aussi des populations vivant en altitude et connues pour leur petite stature? Ces populations se retrouvent tant en Afrique (hauts plateaux du nord de l'Éthiopie) qu'en Asie (Himalaya, plateau tibétain) ou en Amérique (Andes ou Mexique où certains plateaux volcaniques dépassent les 3 000 m), pour ne citer que les plus connues. Elles ont toutes un point commun: leur petite taille qui pourrait témoigner de l'adaptation biologique de notre espèce à son milieu, puisque l'organisme y est confronté à une série de facteurs particuliers (climatiques comme le froid et le vent, physiques comme les radiations, alimentaires avec une production agricole souvent moindre en quantité comme en diversité) et, bien sûr, l'hypoxie (BENOIST 1980). Ce dernier facteur représente un stress important puisqu'à 3 000 m d'altitude, la pression partielle de l'oxygène a perdu le tiers de sa valeur du niveau de la mer. C'est, en général, à partir de 2 500 m que se définit la haute altitude, seuil à partir duquel sont enregistrés des signes de stress hypoxique (BAKER 1978). Ces groupes humains ont fait l'objet de nombreuses recherches en anthropologie (EVELETH & TANNER 1990, FRISANCHO 1975, STINSON 1982, DIEU-CAMBREZY 1992, DIEU CAMBREZY *et al.* 1993), en physiologie ou sur leur état de santé (NIERMAYER *et al.* 2009). Ces études soulignent, en général, une circonférence thoracique plus grande (IANNOTTI *et al.* 2009) qui permettrait une capacité respiratoire accrue mais aussi une croissance un peu plus lente, une diminution de la taille avec l'altitude (CRESPO *et al.* 1995, BEJARANO *et al.* 2009), caractéristiques qualifiées de «retard» de croissance qui s'observe dès la naissance (LEONARD *et al.* 1995) et est déjà bien présent durant la vie fœtale (BENNETT *et al.* 2008). Outre le fait qu'il s'agirait d'adaptation à la vie en haute altitude, force est de constater

qu'ici aussi le débat s'invite sur l'explication de ces observations puisque certains auteurs y voient davantage l'impact des conditions socioéconomiques qu'une adaptation proprement dite.

L'Equateur est un pays directement concerné par cette problématique: en effet, une grande partie de la population vit à une altitude élevée et ce pays ne dispose pas de normes propres de croissance. L'utilisation des courbes OMS ne paraissant pas vraiment satisfaisante aux yeux de certains professionnels équatoriens de la santé, nous avons eu l'occasion — entre 1999 et 2009 — de mener des enquêtes de croissance auprès de sujets vivant à Quito (et dans ses environs), dont l'altitude oscille entre 2 800 et 3 100 m au-dessus du niveau de la mer (MONNIER *et al.* 2004, VERCAUTEREN *et al.* 2009). Cette population étant assez hétérogène et l'impact sociofamilial bien connu sur le développement des enfants, l'étude a été menée en liaison avec l'environnement socioéconomique des sujets.

Parallèlement, alertés par les observations de plus en plus nombreuses relatives à une hausse importante du taux d'obésité dans de nombreux pays d'Amérique latine, nous avons ajouté un volet alimentaire à nos enquêtes.

2. Matériel et méthodes

Entre 1999 et 2009, trois enquêtes biométriques de croissance ont été réalisées à Quito (Equateur) auprès d'enfants âgés de cinq à dix-huit ans, fréquentant des écoles privées et publiques de la capitale, ceci afin d'obtenir un échantillon varié de sujets. Les enquêtes étaient accompagnées d'un questionnaire socio-familial ainsi que d'un volet de questions ciblant les habitudes alimentaires. L'étude porte au total sur trois mille trente-quatre sujets: 50,6 % ($n = 1\,534$) de garçons et 49,4 % ($n = 1\,500$) de filles.

Neuf mesures corporelles ont été relevées selon les techniques biométriques classiques préconisées par l'OMS (WHO 1995). Nous ne retiendrons ici que le poids, la taille et le calcul de l'IMC ou Indice de masse corporelle (mieux connu sous le vocable BMI, *Body Mass Index*). La taille et le BMI ont été convertis en z-scores selon les courbes de référence de l'OMS (WHO 2007).

Les données sociodémographiques collectées concernent les enfants et leurs parents: les lieux de naissance, les professions et les niveaux d'études des parents, d'une part et, de l'autre, le lieu et la date de naissance, le rang de naissance et la dimension de la fratrie (au moment de la collecte des informations des sujets), ainsi que l'établissement scolaire fréquenté. N'ont été retenus dans ce travail que les lieux de naissance des sujets et de leurs parents et les niveaux d'études de ces derniers.

Les mesures ont été exclusivement prises dans des établissements scolaires situés dans la ville de Quito et de son agglomération. Ce sont donc essentiellement des enfants vivant en milieu urbain. Ignorant le taux de retour des

formulaire sociodémographiques remplis par les parents, l'appartenance sociale des enfants (modeste, moyenne et favorisée) a été établie sur base de l'école fréquentée, le choix des établissements scolaires étant, à Quito, clairement relié au statut social des parents (Cruz Alborno, comm. pers.).

Pour des raisons pratiques, il n'a pas été possible d'intégrer dans notre étude des enfants de tout âge dans les écoles représentatives des trois catégories sociales (modeste, moyenne et favorisée). C'est ainsi que les enfants répertoriés dans la catégorie sociale modeste sont âgés de onze/douze ans à dix-neuf/vingt ans, ceux de la classe moyenne s'étendent de quatre à dix-huit/dix-neuf ans et la catégorie sociale favorisée ne compte que des enfants âgés de cinq à quatorze/quinze ans. Les tests de comparaison ont donc été faits non pas sur les courbes globales, mais en considérant les valeurs moyennes d'enfants du même âge.

Accompagnant ces données sociodémographiques, un troisième volet de questions ciblant les habitudes alimentaires a été relevé. L'enquête sur l'alimentation a été conduite suivant la méthode des 24 h recommandée par TRUSWELL (1987) et par APFELBAUN *et al.* (2004). Cette méthode consiste à faire énumérer par le sujet tout ce qu'il a mangé au cours des vingt-quatre dernières heures précédant l'interview.

Les mesures de taille et de BMI ont été converties en valeurs standardisées (z-scores) d'après les références de croissance de l'OMS (WHO 2007) et ont été comparées entre les groupes sociaux en utilisant des analyses de variance et des tests t appariés. Le graphique de comparaison de la stature en fonction de l'âge avec les courbes staturales de référence de l'OMS est basé sur des courbes percentielles lissées, estimées par la méthode LMS de COLE & GREEN (1992). Surpoids et obésité ont été déterminés selon les critères de l'IOTF (2000) et comparés entre les classes sociales avec un test de chi-carré. La consommation de produits alimentaires spécifiques dans les différentes catégories sociales a été analysée avec une régression logistique utilisant la classe sociale moyenne comme groupe de référence auquel ont été comparés les groupes sociaux définis comme modeste et favorisé. La fréquence de consommation de ces produits a été étudiée selon une analyse de variance et des tests t appariés des fréquences des enfants des catégories sociales modeste et favorisée et des enfants de la catégorie sociale moyenne. Nous n'avons pas corrigé les valeurs de p pour comparaisons multiples (seulement deux par variable), mais elles étaient soit très basses (inférieures à 0,01), soit non significatives ($p > 0,05$) et n'ont donc pas eu d'impact sur les conclusions.

Toutes les analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel R, version 2.15 (2012, *R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria*).

3. Résultats

3.1. PARAMETRES SOCIODEMOGRAPHIQUES

Le tableau 1 fournit la composition de l'échantillon en fonction de l'âge, du sexe et de la catégorie sociale, établie sur base de la fréquentation de l'établissement scolaire des sujets.

Tableau 1
Nombre d'enfants mesurés par âge, sexe et catégorie sociale

AGE	Garçons				Filles				Total
	Mod.	Moy.	Fav.	Total garçons	Mod.	Moy.	Fav.	Total filles	
4	—	—	4	4	—	—	7	7	11
5	—	24	13	37	—	19	8	27	64
6	—	90	9	99	—	83	13	96	195
7	—	72	11	83	—	89	10	99	182
8	—	73	12	85	—	114	12	126	211
9	—	63	9	72	—	91	7	98	170
10	2	93	7	102	—	95	15	110	212
11	4	109	5	118	7	65	7	79	197
12	54	122	5	181	66	63	3	132	313
13	33	132	5	170	27	86	5	118	288
14	42	112	3	157	51	91	6	148	305
15	58	99	—	157	55	72	—	127	284
16	60	39	—	99	52	63	—	115	214
17	45	58	—	103	50	68	—	118	221
18	21	16	—	37	20	44	—	64	101
≥ 19	25	5	—	30	23	13	—	36	66

Environ 85 % des questionnaires nous sont revenus complétés par les parents, mais pas toujours entièrement. Le niveau d'études des parents, notamment, n'est pas toujours renseigné (données disponibles pour 79,5 % des pères et 83,4 % des mères). C'est pourquoi il a été décidé de maintenir le critère de l'établissement scolaire fréquenté pour définir l'environnement social des sujets.

Cependant, pour vérifier si ce critère était pertinent pour décrire le milieu sociofamilial des sujets (modeste, moyen, favorisé), nous avons analysé ce paramètre en relation avec la distribution du niveau d'études des parents (dont nous disposons de l'information). Le lien est bien réel et la répartition des sujets

selon leurs établissements scolaires est bien le reflet de l'éducation scolaire de leurs parents: c'est ainsi que les pères du groupe social favorisé (basé sur l'école du sujet) ont achevé au minimum leurs études secondaires avec plus de 90 % d'entre eux détenteurs d'un diplôme universitaire ou d'une école supérieure; ceux du groupe social modeste sont majoritairement de niveau primaire, tandis que le groupe social moyen compte une majorité de pères de niveau d'études intermédiaire (tab. 2). Le profil des mères est similaire (tab. 3). Il y a, d'autre part, une forte homogamie du niveau d'études entre conjoints (MONNIER *et al.* 2011). Par ailleurs, près de deux tiers des mères de la classe sociale favorisée exercent une profession, contre moins de la moitié dans le groupe le moins aisé.

Tableau 2

Répartition des pères selon leur niveau d'études et selon la catégorie sociale de leur enfant

Catégories sociales	Modeste		Moyenne		Favorisée	
	Effectifs	%	Effectifs	%	Effectifs	%
Primaire	330	53,7	163	9,7	—	—
Secondaire inférieur	190	30,9	271	16,2	4	3,4
Secondaire supérieur	55	8,9	510	30,4	5	4,2
Supérieur non universitaire	22	3,8	579	34,5	50	42,0
Universitaire	17	2,8	155	9,2	60	50,4
Total	614	100,0	1 678	100,0	119	100,0

Les données sur le niveau de scolarité des pères sont manquantes pour six cent vingt-trois enfants (20,5 %): quatre-vingt-un pour le groupe social modeste, quatre cent quatre-vingt-cinq pour le groupe social moyen et cinquante-sept pour le groupe social élevé.

Tableau 3

Répartition des mères selon leur niveau d'études et selon la catégorie sociale de leur enfant

Catégories sociales	Modeste		Moyenne		Favorisée	
	Effectifs	%	Effectifs	%	Effectifs	%
Primaire	376	58,3	178	10,1	1	0,8
Secondaire inférieur	190	29,5	286	16,2	4	3,4
Secondaire supérieur	46	7,6	588	33,3	10	8,4
Supérieur non universitaire	22	3,4	539	30,5	48	40,3
Universitaire	8	1,2	175	9,9	56	47,1
Total	645	100,0	1 766	100,0	119	100,0

Les données sur le niveau de scolarité des mères sont manquantes pour cent quatre enfants (16,6 %): cinquante pour le groupe social modeste, trois cent nonante-sept pour le groupe social moyen et cinquante-sept pour le groupe social favorisé.

Nonante-cinq pourcent (95,2 %) des enfants sont nés en altitude: 90 % sont natifs de Quito même et 5 % de la région avoisinante, la *Sierra* (ou hautes terres centrales); pour les parents, si ces proportions sont un peu plus faibles, elles rassemblent néanmoins plus de 80 % des effectifs.

Si l'on tient compte de la catégorie sociale, on remarque que davantage d'enfants de familles moins favorisées proviennent de la *Sierra*: 16,4 % contre 6,5 % pour les autres sujets. Cette différence se confirme lorsqu'on observe l'origine géographique (lieu de naissance) des parents: 60 % des parents de la classe sociale favorisée sont originaires de la capitale, contre moins de 50 % du groupe le moins favorisé. Quito, capitale administrative du pays et principal centre économique de la *Sierra*, connaît une immigration importante, majoritairement issue de la *Sierra*, mais aussi — quoique nettement plus réduite — des autres régions du pays. Cette immigration concerne principalement les sujets de la catégorie sociale modeste et, dans une moindre mesure, ceux de la classe moyenne.

3.2. STATURE

Nous avons comparé les moyennes staturales de chaque classe d'âge aux normes de l'OMS: la moyenne globale des z-scores de la taille des garçons est de $-0,87 (\pm 1,01)$ écart-type et celle des z-scores des filles de $-1,13$ écart-type ($\pm 0,98$). Positionnés sur les courbes de référence de l'OMS, les percentiles lissés 3, 50 et 97 des enfants de Quito témoignent de cet écart important puisque, par exemple, les valeurs du P50 se situent sous celles du P15 des courbes de l'OMS. La figure 1 illustre cette comparaison pour les filles de notre échantillon. Si l'on considère les différents groupes sociaux, on enregistre, comme attendu, des différences de taille significatives entre les enfants selon leur appartenance sociale. Les statures les plus basses sont recensées dans la catégorie sociale la plus modeste et les statures les plus élevées se rencontrent dans la catégorie sociale favorisée, les résultats intermédiaires se retrouvant chez les enfants de la classe moyenne. Mais quelle que soit leur catégorie sociale, les tailles des garçons et des filles sont inférieures aux normes de l'OMS (fig. 2). Même si ce constat est moins marqué pour le groupe favorisé, il persiste clairement néanmoins.

3.3. IMC (BMI)

Si les tailles des enfants de Quito sont nettement inférieures aux normes de l'OMS, l'IMC des enfants, par contre, est supérieur à ces normes, et ceci, quelle

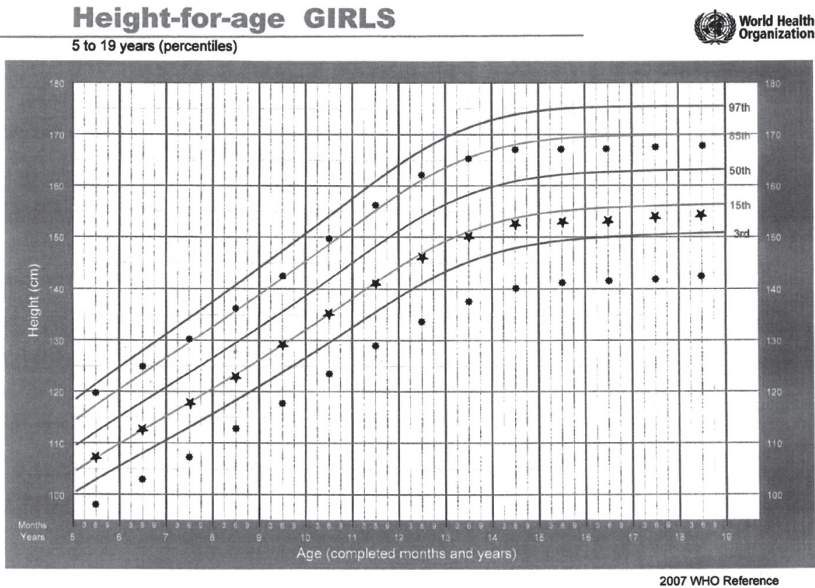


Fig. 1. — Comparaisons des percentiles 3, 50 et 97 des sujets féminins de Quito et des courbes de référence de l'OMS.

que soit la catégorie sociale envisagée. Globalement, on note des valeurs supérieures (avoisinant les 0,5 écart-type) pour les garçons. Toutefois, les IMC des enfants des différentes classes sociales ne semblent pas, globalement, se distinguer aussi fortement les uns des autres que pour les résultats relatifs aux tailles.

Les valeurs de l'IMC des sujets des classes sociales moyenne et basse, tout en restant supérieures aux normes de l'OMS, paraissent s'aligner progressivement sur ces normes. Par contre, il semblerait que, tant pour les sujets masculins que féminins de la classe sociale la plus élevée, elles augmentent et s'éloignent des normes de l'OMS, à partir de la période prépubertaire (fig. 3).

3.4. SURPOIDS ET OBESITE

Les catégories de surpoids et d'obésité ont été établies selon les critères de COLE *et al.* (2000, 2007). Une proportion non négligeable d'enfants sont atteints de surpoids, voire d'obésité; les taux d'obésité se chiffrent globalement à près de 5 % chez les garçons et 2 % chez les filles.

C'est parmi la classe sociale modeste que l'on enregistre la plus faible proportion d'enfants atteints de surpoids. Cette remarque est surtout pertinente pour les garçons (fig. 4). En effet, si on ne note pas de différence significative entre les enfants des classes moyenne et favorisée, les différences, par contre, sont hautement significatives entre les garçons de la classe modeste et les autres caté-

gories sociales: plus d'un quart des garçons des catégories sociales moyenne et haute (respectivement 24,3 % et 26,5 %) sont enregistrés en surpoids; c'est pratiquement le double des enfants de la catégorie modeste où la fréquence tombe à 13,7 % (chi-carré: $p < 0,001$).

Ces résultats sont opposés à ceux que l'on observe depuis longtemps (et confirmés encore récemment par VIGARELLO 2010) dans les pays industrialisés où ce sont les sujets des catégories sociales les plus défavorisées qui montrent les plus fortes proportions de personnes en situation de surpoids, ceci s'expliquant par une consommation d'aliments plus riches en graisse.

Chez les filles, les taux de surpoids sont plus faibles (tout en n'étant pas négligeables!) et du même ordre de grandeur d'une catégorie sociale à l'autre; ils oscillent entre 16,5 et 19 %.

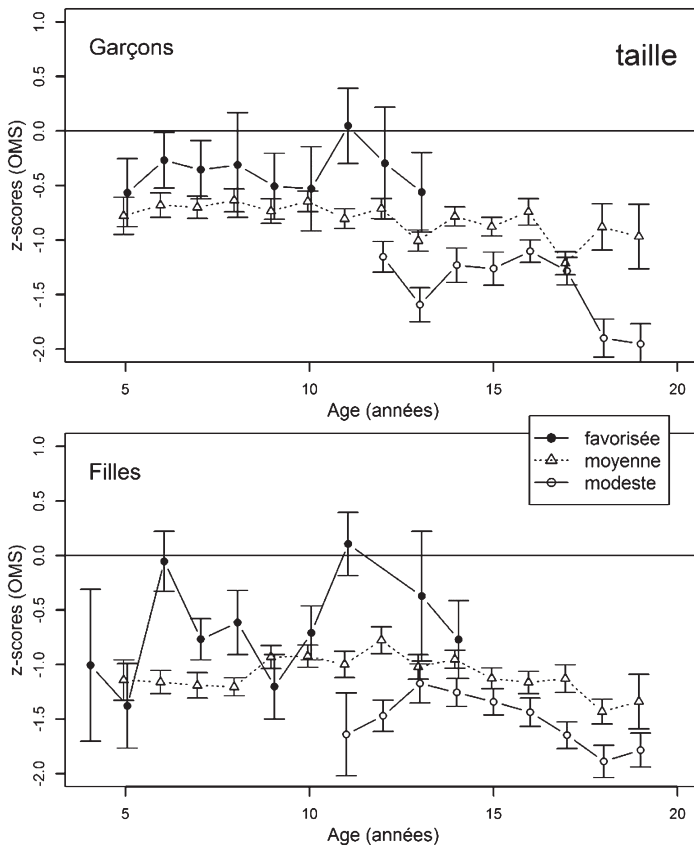


Fig. 2. — Statures (z-scores) des garçons et des filles de Quito, comparées aux standards OMS (ligne 0.0) et selon la catégorie sociofamiliale du sujet. Les barres indiquent les erreurs standards pour chaque moyenne de groupe correspondante. Les sous-groupes comprenant moins de cinq observations ont été exclus du graphique.

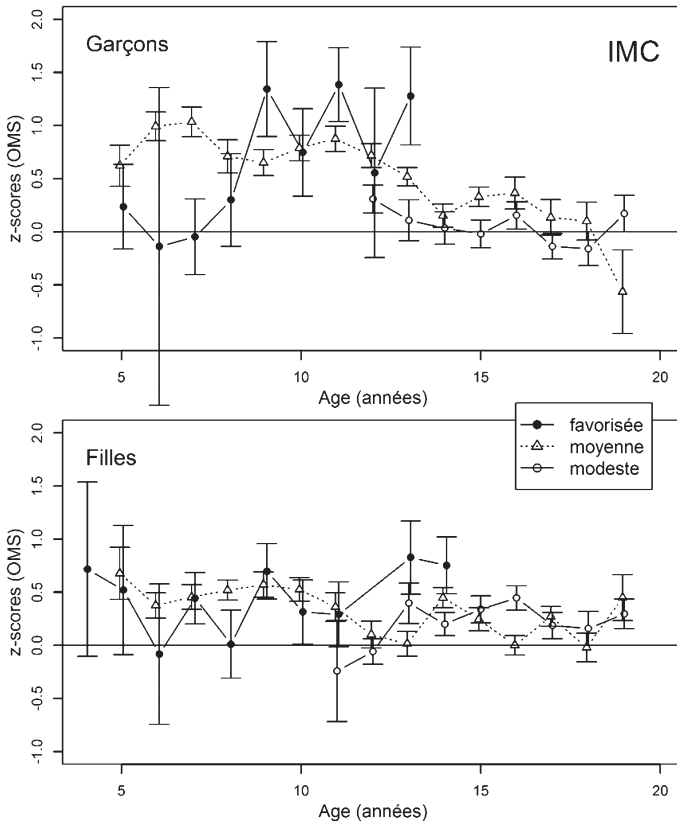


Fig. 3. — IMC (z-scores) des garçons et des filles de Quito comparés aux standards OMS (ligne 0.0) et selon la catégorie sociofamiliale des sujets.

3.5. HABITUDES ALIMENTAIRES

Les informations obtenues auprès des sujets sont uniquement d'ordre qualitatif; elles permettent de suggérer des éléments explicatifs pour certains paramètres du développement physique des enfants (IMC notamment).

Nous présentons ici les résultats principaux; ainsi ne sont pas repris les produits consommés quotidiennement par tous les enfants — quelle que soit la catégorie sociale considérée —, tels le riz, le maïs, les pommes de terre et le manioc qui sont des aliments de base en Equateur. Les résultats sont présentés en nombre moyen de fois que le produit est cité. Les différences entre catégories sociales ont été testées par des ANOVA et complétées par une comparaison appariée respectivement des catégories modeste et favorisée vis-à-vis de la catégorie moyenne prise comme référence (tab. 4).

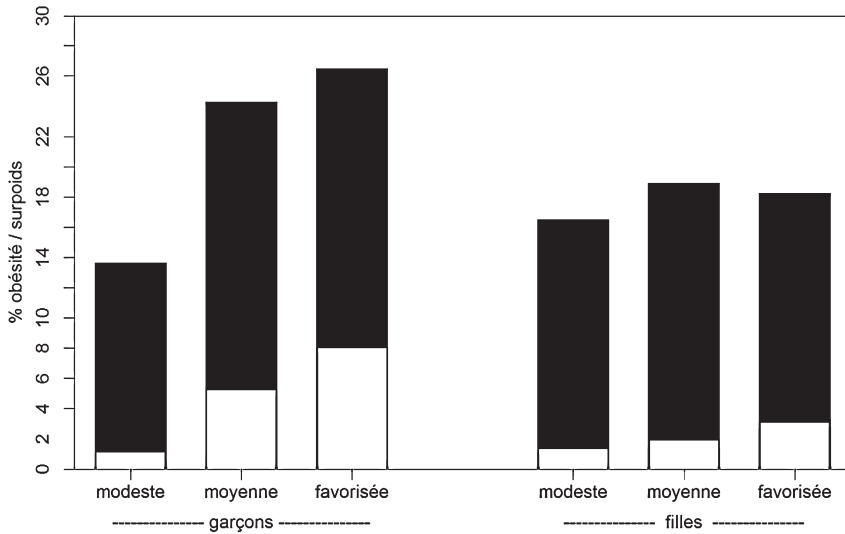


Fig. 4. — Taux de surpoids (y compris l'obésité: □) des garçons et des filles de Quito selon les catégories sociales.

Tableau 4

Consommation alimentaire (nombre moyen) de quelques produits selon les catégories sociales (la référence retenue est la classe moyenne)

Catégories sociales	Modeste		Moyenne		Favorisée	
	n. moyen	%	n. moyen	%	n. moyen	%
Produits laitiers	0,70**	50,8**	1,06	69,2	1,84**	87,9**
Produits carnés	1,41*	80,9**	1,22	71,4	1,79**	71,6
Produits légumes	0,45*	35,8**	0,34	27,1	0,52*	40,5*
Boissons sucrées	1,51**	84,1**	2,30	95,6	1,76**	89,7*
Produits sucrés/salés	0,17**	14,7**	0,08	6,3	0,11	9,5
Frites	0,14**	14,3**	0,03	3,2	0,00	0,0

*: $p < 0,01$.

**: $p < 0,001$.

Les résultats sont assez contrastés selon l'appartenance sociale des sujets. On observe un gradient hautement significatif en ce qui concerne les produits laitiers: les enfants de la catégorie aisée en consomment 2,5 fois plus fréquemment que ceux de la catégorie la plus modeste. Si l'on se réfère aux pourcentages d'enfants ayant consommé au moins une fois ces produits dans la journée, ils

sont près de 90 % parmi la classe favorisée, 70 % parmi la classe moyenne et un sur deux seulement dans la catégorie la moins favorisée. La consommation de produits carnés, quant à elle, est moins fréquente chez les sujets de la classe moyenne; elle est plus importante dans les deux autres groupes, et plus particulièrement chez les enfants plus favorisés. Globalement, les légumes ne sont pas consommés quotidiennement par plus de la moitié des enfants. On constate un attrait certains des enfants de la classe modeste pour la consommation de frites. Ces produits semblent être ignorés ou très peu consommés parmi les enfants des autres catégories sociales.

Les enfants de la classe modeste sont ceux qui consomment le moins de boissons sucrées (sodas). Notons la consommation particulièrement importante de ce genre de boissons chez les enfants de la classe moyenne: 1,5 fois plus que ces derniers.

4. Discussion

Nombre de travaux ont déjà démontré l'outil indispensable que représentent la biométrie et les courbes de croissance dans l'évaluation de la santé d'un enfant. Quitter son canal de croissance (statural ou pondéral) ou descendre sous le percentile 3 sont des signaux d'alerte reconnus par tous les professionnels de la santé. Ainsi, dans les pays en développement, avoir une petite taille (et/ou un faible poids) peut être un signe de mauvaise nutrition, d'infection, de diarrhées chroniques (MARTORELL 1998). Cette corrélation «biométrie-santé» offre donc le reflet de l'état de santé global d'une personne, mais peut aussi donner des indications au niveau d'une population selon le niveau où se place l'étude (SUSANNE & VERCAUTEREN 1996). C'est le célèbre «growth as a mirror of conditions of society» de TANNER (1986).

Les nouvelles normes de croissance, présentées par l'OMS en 2007, sont adoptées aujourd'hui par plus de cent quarante pays. Rappelons qu'elles concernent les jeunes enfants de zéro à cinq ans; pour les tranches d'âge supérieures (cinq-dix-neuf ans), ce sont les anciennes normes, basées sur des mensurations de sujets nord-américains (blancs, noirs, hispaniques, asiatiques) nés dans les années 1960-70, qu'il faut encore considérer.

Certains pays hésitent, cependant, à les utiliser. La France, par exemple, estime que «ces nouvelles courbes semblent mieux adaptées pour suivre la croissance des petits Français, mais seulement à partir de 6 mois. Avant cet âge, la croissance des nourrissons français semble ralentie par rapport aux données de l'OMS. Cela pourrait inquiéter inutilement certains parents, voire, dans certains cas, remettre en question la poursuite de l'allaitement, alors même que l'OMS entend le promouvoir» (SCHERDEL *et al.* 2015). D'autres chercheurs y ont également perçu quelques limites. Ainsi, ROELANTS *et al.* (2010) ont montré que chez des enfants allaités au sein en Belgique, les courbes de croissance

étaient similaires à celles des normes de l'OMS pour ce qui est de la taille, mais que ce n'était pas le cas pour le poids et la circonférence crânienne. Il convient, selon ces auteurs, de disposer de normes de croissance locales adaptées à la biogénétique des individus dans leur diversité (JULIUSSON *et al.* 2011). Enfin, citons encore une étude de deux chercheurs suisses (EIHOLZER & MEINHARDT 2011) estimant que les nouvelles courbes ne sont pas représentatives de la stature pour les enfants suisses — et ce, pour la plupart des tranches d'âge — mais montrant aussi des écarts plus importants chez les adolescents, vu le décalage assez net de l'âge où se produit le pic de croissance pubertaire. Ils recommandent, dès lors, des courbes spécifiques.

Que peut-on dire, alors, des populations vivant en haute altitude et connues pour présenter une stature moins élevée? La taille des enfants et adolescents de Quito (et environs) est, à tout âge, nettement inférieure aux normes de l'OMS. Ces enfants vivant entre 2 800 et 3 100 m, les observations relatives aux valeurs staturales sont en accord avec les études réalisées auprès d'autres populations vivant en altitude, études qui montrent une augmentation du volume thoracique chez les Andins et une taille plus petite. Ce «retard» de croissance serait d'origine héréditaire (MOORE 2001) et serait une réponse adaptative de l'organisme au stress hypoxique (FACCHINI 2003). Notons d'ailleurs que tous les auteurs n'attribuent pas la petite stature des Andins à une adaptation génétique, estimant que des milliers d'années d'existence en haute montagne ne représentent pas une période de temps suffisante pour une adaptation génétique de l'espèce humaine. Cette variation morphologique traduirait plutôt un changement des caractères anthropométriques physiques sous l'influence du milieu (CRUZ-COKE 1976).

Par ailleurs, on ne peut totalement exclure, bien sûr, les effets conjoints d'une mauvaise nutrition et des facteurs économiques (HARRIS *et al.* 2001, STINSON 2009, PAWSON *et al.* 2010). Il est vrai que, dans bien des cas, l'environnement social et économique est plus défavorable dans les populations vivant en altitude et que cet effet ne peut être totalement séparé du facteur physique (altitude) du milieu (GREKSA 1985). Rares sont les études permettant de «dissocier» l'influence des différents paramètres. Citons cependant l'étude comparative menée au Mexique auprès de deux populations villageoises, l'une vivant à une altitude élevée (3 000-3 200 m), l'autre à une altitude modérée (800 à 1 400 m). Les enfants résidant en altitude présentent, par comparaison avec la zone basse, un net retard de croissance constaté dès la naissance, qui s'atténue au cours de l'adolescence. Dans cette étude, la révision des différents facteurs susceptibles d'influencer la dynamique de croissance (substrat génétique, régime alimentaire, endémies) permet d'exclure l'hypothèse d'une dénutrition postnatale et plaide effectivement pour une réponse à l'hypoxie en grande partie pendant la période fœtale (DIEU-CAMBREZY & FROMENT 1993).

Comme il est constaté dans la majorité des études auxologiques, des différences staturales assez marquées ont été mises en évidence, chez nos sujets,

entre les trois groupes sociaux, les enfants des classes socioéconomiques favorisées étant — comme attendu — les plus grands. Notons cependant — et il s'agit là d'une observation importante — que même les sujets de cette classe aisée restent clairement en dessous des moyennes OMS. Notons aussi que Quito, capitale du pays, connaît un essor considérable et attire bon nombre d'Équatoriens. À ce titre, comparer la croissance des enfants de cette région avec les standards OMS était particulièrement intéressant puisque, d'une part, on y trouve une population vaste, en constante augmentation et, d'autre part, il s'agit là d'une région plutôt favorisée du pays. Dès lors, y constater un développement physique clairement différent des normes internationales proposées nous paraît être une observation qui justifierait l'utilisation de courbes spécifiques et locales pour tout examen et suivi médical. En effet, plus de 30 % des sujets de notre enquête ont des valeurs staturales inférieures au percentile 3 des courbes OMS, percentile qui représente la « limite inférieure » d'un développement considéré comme normal et qui constitue, à ce titre, un signal d'alarme pour les pédiatres, nécessitant, par prudence, des investigations plus approfondies. Il est évident qu'ici ce percentile ne peut être estimé de la sorte, perdant ainsi sa signification la plus utile lors d'un examen médical. Par ailleurs, les professionnels de la santé devraient impérativement expliquer aux parents les données sur les courbes, puisqu'il a été constaté que, bien souvent, et malgré leur usage répandu, ces derniers n'en comprennent pas la signification (BEN-JOSEPH *et al.* 2009). L'utilisation des courbes pourrait donc inquiéter davantage encore, et inutilement, les parents en suggérant un retard de croissance infondé dans ce cas-ci.

Longtemps référencés uniquement pour les problèmes de sous-nutrition, de nombreux pays d'Afrique et d'Amérique latine connaissent maintenant cet autre problème majeur de santé publique que représente l'obésité. Cantonnée jusqu'il y a peu aux pays développés (pays occidentaux et pays « du Nord »), l'épidémie de surpoids et d'obésité touche désormais près de 30 % de la population mondiale, dont plus de 62 % dans des pays en développement.

Ainsi, la FAO (*Food and Agriculture Organisation*) a attiré l'attention sur la progression croissante du taux d'obésité aux Caraïbes et en Amérique latine (Brésil, Colombie, Mexique, Salvador, Costa Rica, Honduras, Chili, Paraguay,...) où plus de 20 % de la population serait atteinte d'obésité, et plus de 50 % serait en situation de surpoids.

La population équatorienne, malheureusement, ne semble pas échapper à la règle, comme le montre notre enquête. Les enfants vivant à Quito (et son agglomération) ont un IMC supérieur aux normes de référence de l'OMS, et cela quel que soit le groupe social auquel ils appartiennent. Si le taux d'enfants et d'adolescents obèses reste encore limité (la valeur la plus haute se trouve chez les garçons de la classe favorisée avec environ 8 % d'enfants concernés), il n'en va plus de même si on y ajoute le surpoids: on constate ainsi qu'environ 25 % des garçons des classes sociales aisées et moyennes sont concernés. Ces chiffres,

préoccupants dans la mesure où ils concernent des enfants et adolescents, rejoignent le constat d'autres enquêtes menées au Mexique et au Brésil où un tiers des enfants et adolescents seraient en surpoids (OLAIZ *et al.* 2006). Les chiffres interpellent et témoignent d'une progression inquiétante du phénomène durant les deux dernières décennies (http://www.fao.org/ag/agn/nutrition/col_fr.stm).

Soulignons que cette progression se retrouve également chez nos sujets: durant la petite décennie observée (entre 1999 et 2009), le taux de surpoids global des garçons est passé de 20,9 à 26,7 %. Cet accroissement est significatif ($p = 0,03$) et décrit une tendance assez claire. Durant cette période, le taux d'obésité des garçons est passé de 3,5 à 6,9 % et ce résultat est, lui aussi, significatif ($p = 0,02$). Chez les filles, l'augmentation des taux entre ces deux dates est nettement plus réduite et non significative: la fréquence totale de sujets en surpoids est passée de 18,3 à 19,0 % et la fréquence d'obésité de 1,6 à 2,6 %.

Les résultats mis en évidence chez les préadolescents et adolescents des classes moyennes et favorisées soulignent un changement de comportement alimentaire: ces jeunes semblent se détourner des aliments traditionnels et s'aligner sur les habitudes des pays industrialisés, lesquelles ne sont pas toujours les plus équilibrées sur le plan nutritionnel (POPKIN *et al.* 1998). Nous avons pu constater, par exemple, leur préférence pour les boissons sucrées, les sodas entre autres.

Et, en effet, ces observations concordent avec l'explication la plus souvent avancée pour décrire cette «épidémie»: le changement des styles de vie et des pratiques alimentaires au niveau mondial (SWINBURN *et al.* 2011). Les modes de restauration uniformisée et les produits de l'industrie agro-alimentaire (plus riches en graisses et en sucre) tendent à se substituer aux produits de l'alimentation traditionnelle, entraînant de nouvelles formes de déséquilibres alimentaires et, donc, surpoids et obésité. Actuellement, ce phénomène atteint surtout les villes (DE SUREMAIN & KATZ 2009). Certains pays, d'ailleurs, tentent de mettre en place des politiques pour limiter la consommation des produits trop gras et trop sucrés, avec des succès divers (CARDACI 2013).

Détecter au plus tôt un surpoids chez un enfant est une méthode simple de prévention; informer sur son statut pondéral se révèle efficace pour prévenir et traiter précocement l'obésité (MOSS & YEATON 2012). Le suivi des courbes de poids d'un enfant constitue donc un outil des plus utiles et, à nouveau, se pose le choix des normes de référence. Ici, adopter des courbes locales ne représente peut-être pas la meilleure solution. En effet, si un nombre trop important de sujets présente un surpoids (ou de l'obésité), cela se répercuterait sur les normes utilisées dans cette population et un poids trop élevé risquerait d'être considéré comme normal. Peut-être, dans ce cas, est-il préférable de considérer des courbes reflétant le rapport poids/taille optimal, déterminé par un échantillon de sujets en bonne santé et sans taux de surpoids excessif..., c'est-à-dire des courbes de BMI (IMC) qui, cette fois, ne seraient plus nécessairement locales.

BIBLIOGRAPHIE

- APFELBAUN, M., ROMON, M. & DUBUS, M. 2004. Diététique et nutrition. — Paris, Masson.
- BAKER, P. T. (Ed.) 1978. The adaptative fitness of high-altitude population. — *In*: The Biology of High-Altitude Peoples. New York, Cambridge University Press, pp. 317-350.
- BEJARANO, I. F., DIPIERRI, J. E., ANDRADE, A. & ALFARO, E. L. 2009. Geographic altitude, surnames, and height variation of Jujuy (Argentina) Conscripts. — *Am. J. Phys. Anthropol.*, **138**: 158-163.
- BEN-JOSEPH, E. P., DOWSHEN, S. A. & IZENBERG, N. 2009. Do Parents Understand Growth Charts? A National, Internet-based Survey. — *Pediatrics*, **124**: 1100-1109.
- BENNETT, A., SAIN, S. R., VARGAS, E. & MOORE, L. G. 2008. Evidence that parent-of-origin affects birth-weight reductions at high altitude. — *Am. J. Hum. Biol.*, **20** (5): 592-597.
- BENOIST, J. 1980. Les Amériques. — *In*: HIERNAUX, J. (éd.), La diversité biologique humaine. Montréal, Presses Universitaires de Montréal; Paris, Masson, pp. 341-393.
- CARDACI, D. 2013. L'obésité infantile en Amérique latine: un défi pour la promotion de la santé. — *Global Health Promotion*, **20**: 55.
- COLE, T. J. & GREEN, P. J. 1992. Smoothing reference centile curves: The LMS method and penalized likelihood. — *Stat. Med.*, **11**: 1305-1319.
- COLE, T. J., BELLIZZI, M. C., FLEGAL, K. M. & DIETZ, W. H. 2000. Establishing a standard definition for children overweight and obesity. — *International Survey BMJ*, **320**: 1240-1243.
- COLE, T. J., FLEGAL, K. M., NICHOLLS, D. & JACKSON, A. 2007. Body Mass Index cut-offs to define thinness in children and adolescents. — *International Survey BMJ*, **335**: 194.
- CRESPO, I., VALERA, J., GONZALES, G. F. & GUERRA-GARCIA, R. 1995. Crecimiento y desarrollo de niños y adolescentes a diversas alturas sobre el nivel del mar. — *Acta Andina*, **4** (1): 53-64.
- CRUZ-COKE, A. 1976. Anthropologie physique des populations andines, génétique et altitude. — *Les Colloques de l'INSERM*, **63**: 145-152.
- DE SUREMAIN, C.-E. & KATZ, E. 2009. Introducción: modelos alimentarios y recomposiciones sociales en América Latina. — *Anthropology of Food*, **S6**: 1-14.
- DIEU-CAMBREZY, C. 1992. Croissance et adaptation physiologique de l'homme à l'altitude: une question toujours d'actualité (Etat de Veracruz, Mexique). — *In*: BLANC-PAMARD, C. (coord.), Dynamique des systèmes agraires: la santé en société: regards et remèdes. Paris, ORSTOM (Colloques et Séminaires). Santé, Alimentation, Environnement, pp. 251-272.
- DIEU-CAMBREZY, C. & FROMENT, A. 1993. Croissance et hypoxie d'altitude dans la région du cofre de Perote (Etat de Veracruz, Mexique). — *Bull. et Mém. de la Société d'Anthropologie de Paris*, **5** (3-4): 401-416.
- EIHZOLZER, U. & MEINHARDT, U. 2011. Courrier des lecteurs. — *Paediatrica*, **22**(4).
- EVELETH, P. B. & TANNER, J. M. 1990. Worldwide variation in human growth. — Cambridge, Cambridge University Press, 397 pp.
- FACCHINI, F. 2003. Les effets de l'altitude. — *In*: SUSANNE, C., REBATO, E. & CHIARELLI, B. (éds), Anthropologie biologique: évolution et biologie humaine. Bruxelles, De Boeck, pp. 429-434.

- FRISANCHO, A. R. 1975. Functional adaptation to high-altitude hypoxia. — *Science*, **187**: 313-319.
- FRISANCHO, A. R. 1978. Human growth and development among high-altitude populations. — *In*: BAKER, P. T. (Ed.), *The Biology of High-Altitude Peoples*. Cambridge, Cambridge University Press, pp. 117-171.
- GREKSA, L. P. 1985. Effect of high altitude on the physical growth of upper class children of European ancestry. — *Human Biology*, **12**: 225-232.
- HABICHT, J. P., MARTORELL, R., YARBROUGH, C., MALINA, R. M. & KLEIN, R. E. 1984. Height and weight standards for pre-school children. How relevant are ethnic differences in growth potential? — *Lancet*, **1**: 611-615.
- HARRIS, N. S., CRAWFORD, P. B., YANGZOM, Y., PINZO, L., GYALTSEN, P. & HUDES, M. 2001. Nutritional and health status of Tibetan children living in high altitudes. — *N. Engl. J. Med.*, **344**: 341-347.
- HAUSPIE, R. C., DAS, R. C., PREECE, M. A. & TANNER, J. M. 1980. A longitudinal study of the growth in height of boys and girls of West Bengal (India) aged six months to 20 years. — *Ann. Hum. Biol.*, **7**: 429-441.
- IANNOTTI, L., ZAVALETA, N., LEON, Z. & CAUFIELD, L. E. 2009. Growth and body composition of Peruvian infants in a periurban setting. — *Food. Nutr. Bull.*, **30** (3): 245-253.
- IOTF (International Obesity Task Force) 2000 (published a widely-used international standard for estimating child obesity).
- JULIUSSON, P. B., ROELANTS, M., HOPPENBROUWERS, K., HAUSPIE, R. & BJERKNES, R. 2011. Growth of Belgian and Norwegian children compared to the WHO growth standards: prevalence below -2 and above +2 SD and the effect of breastfeeding. — *Archives of Disease in Childhood*, **96**: 916-921.
- LEONARD, W. R., DE WALT, K. M., STANSBURY, J. P. & MCCASTON, M. M. 1995. Growth differences between children of highland and coastal Ecuador. — *Am. J. Phys. Anthropol.*, **98**: 47-57.
- MARTORELL, R. 1998. Adaptation and function. — *Journal Human Organization*, **48**: 15-20.
- MONNIER, C., VERCAUTEREN, M. & SUSANNE, C. 2004. Estudio de crecimiento de la población escolar de Quito (Ecuador). — *Antropo*, **5**: 9-20 (<http://www.dicdac.edu.es/antropo/5/5-2/monnier.htm>).
- MONNIER, C., LEPAGE, Y., HAUSPIE, R., VERCAUTEREN, M., ROELANTS, M., CRUZ-ALBORNOZ, J. & CRUZ-PIERARD, J. 2011. Estudio del crecimiento y desarrollo de niños ecuatorianos residentes en Quito, según su origen social. — *Tsafiqui*, **2** (2): 127-141.
- MOORE, L. G. 2001. Human genetic adaptation to high altitude. — *High Alt. Med. Biol.*, **2**: 257-279.
- MOSS, B. G. & YEATON, W. H. 2012. U.S. Children's Preschool Weight Status Trajectories: Patterns From 9-Month, 2-Year, and 4-Year Early Childhood Longitudinal Study-Birth Cohort Data. — *American Journal of Health Promotion*, **26** (3): 172-175.
- NIERMEYER, S., ANDRADE MOLLINEDO, P & HUICHO, L. 2009. Child health and living at high altitude. — *Arch. Dis. Child*, **94**: 806-811.
- OLAIZ, G., RIVERA, J., SHAMAH, T., ROJAS, R., VIKKAKPANDO, S., HERNANDEZ, M. & SEPULVEDA, J. (Eds.) 2006. Encuesta nacional de salud y nutrición 2006. — México, Instituto Nacional de Salud Pública/Secretaría de Salud.

- PAWSON, I. G. & HUICHO, L. 2010. Persistence of growth stunting in a Peruvian high altitude community, 1964-1999. — *Am. J. Hum. Biol.*, **22**; 367-374.
- POPKIN, B. M. N. & DOAK, C. M. 1998. The obesity epidemic is a worldwide phenomenon. — *Nut. Rev.*, **56**: 106-114.
- RAMIREZ ROZZI, F. V., KOUDOU, Y., FROMENT, A., LE BOUC, Y. & BOTTON, J. 2015. Growth pattern from birth to adulthood in African pygmies of known age. — *Nature Communications*, **6** (DOI: 10.1038/ncomms8672).
- ROELANTS, M., HAUSPIE, R. & HOPPENBROUWERS, K. 2010. Breastfeeding, growth and growth standards: Performance of the WHO growth standards for monitoring growth of Belgian children. — *Annals of Human Biology*, **37** (1): 2-9.
- SCHERDEL, P., BOTTON, J., ROLLAND-CACHERA, M. F., LEGER, J., PELE, F., ANCEL, P. Y., SIMON, C., CASTETBON, K., SALANAVE, B., THIBAUT, H., LIORET, S., PENEAU, S., GUSTO, G., CHARLES, M. A. & HEUDE, B. 2015. Should the WHO growth charts be used in France? — *PLoS One*, **11**; **10** (3): e0120806.
- STINSON, S. 1982. The effect of high altitude on the growth of children of high socio-economic status in Bolivia. — *Am. J. Phys. Anthropol.*, **59** (1): 61-71.
- STINSON, S. 2009. Nutritional, development and genetic influences on relative sitting height at high altitude. — *Am. J. Hum. Biol.*, **21** (5): 606-613.
- SUSANNE, C. & VERCAUTEREN, M. 1996. Growth: A health indicator and social barometer. The case of Belgium. — In: BODZSAR, B. E. & SUSANNE, C. (Eds.), *Studies in Human Biology*. Budapest, Eötvös University Press, pp. 113-129.
- SWINBURN, B. A., SACKS, G., HALL, K. D., MC PHERSON, K., FINEGOOD, D. T., MOODIE, M. L. & GORTMAKER, S. L. 2011. The global obesity pandemic: Shaped by global drivers and local environments. — *Lancet*, **378**: 804-814.
- TANNER, J. M. 1986. Growth as a mirror of the condition of Society: Secular trends and class Distinctions. — In: DEMIRJIAN, A. & TAYLOR, R. (Eds.), *Human growth: A multidisciplinary review*. London, Taylor and Francis, pp. 3-34.
- TRUSWELL, A. S. 1987. ABC of nutrition. — New York, Kindle Edition.
- VERCAUTEREN, M., ROELANTS, M., HAUSPIE, R., MONNIER, C., LEPAGE, Y., CRUZ, J. & SUSANNE, C. 2009. De la nécessité de courbes de croissance adéquates: cas de la population de Quito. — In: XXIX^e colloque du Groupement des Anthropologues de Langue Française (GALF) (Bordeaux, 27-30 mai).
- VIGARELLO, G. 2010. Les métamorphoses du gras. Histoire de l'obésité. — Paris, Le Seuil.
- WHO 1995. Physical status: The use and interpretation of anthropometry. — Geneva, World Health Organization.
- WHO 2007. Multicentre Growth References Study Group. WHO child growth standards: Length/height-for-age, weight-for-age, weight-for-length, weight-for-height and body mass index-for-age: methods and development. — Geneva, World Health Organization.

The Congo Puzzle: Evolving Livelihoods and Poverty in the Democratic Republic of Congo (1970-2010) – a Summary*

by

Wim MARIVOET**

KEYWORDS. — Democratic Republic of Congo; Poverty; Coping Strategies; 1970-2010.

SUMMARY. — The objective of this article*** is to analyse the evolving living conditions across the Democratic Republic of Congo (DRC) between 1970 and 2010. In the mid-1970s, the DRC (Zaire) entered a long downward spiral, which can be read as a textbook example of state failure and economic regress: the 1973 nationalization policy of Mobutu formed the starting point; the first African world war (1998-2003) was a brutal low. Over this period, the average Congolese saw his income decrease to only one fifth of the level he attained in the 1970s. Surprisingly enough, this economic decay of the country did not seem to have much affected the survival chances of its population: both life expectancy and mortality rates even improved a bit. In short, viewed through a macro-economic telescope everybody must have been moribund, but through a microscope many seemed to be alive and kicking. To solve this “Congo puzzle”, five hypotheses will be put forward. Whereas the first focuses on the validity of this livelihood paradox itself, all other hypotheses are formulated as genuine coping strategies. In order to address each of them, the present paper will rely on various (national) survey data, coming in total from about fifty thousand different households.

TREFWOORDEN. — Democratische Republiek van Congo; Armoede; Overlevingsstrategieën; 1970-2010.

SAMENVATTING. — *Het Congo raadsel: veranderende levenswijzen en armoede in de Democratische Republiek Congo (1970-2010) – een samenvatting.* — Dit artikel bestudeert de wijzigende levenswijzen van de Congolese bevolking tussen 1970 en 2010. Sinds het midden van de jaren 1970 wordt de Congolese economie gekenmerkt door een diepe en langgerekte crisis: de catastrofale nationalisatiepolitiek van Mobutu in 1973 gaf het startschot; de eerste Afrikaanse wereldoorlog (1998-2003) zette het drieste orgelpunt. Tijdens deze periode zag de gemiddelde Congolees zijn inkomen gereduceerd tot slechts

* Paper presented at the meeting of the Section of Natural and Medical Sciences held on 19 May 2015. Text received on 1 July 2015 and submitted to peer review. Final version, approved by the reviewers, received on 4 August 2016.

** Associate Research Fellow West and Central Africa Office (WCAO), International Food Policy Research Institute (IFPRI) in Dakar.

*** This article provides a general summary of my doctoral research published as MARIVOET, W. 2013. *The Congo Puzzle: Evolving Livelihoods and Poverty in the Democratic Republic of Congo (1970-2010)*. Antwerp, University of Antwerp, Faculty of Applied Economic Sciences.

een vijfde. Vreemd genoeg heeft dit economische verval van het land geenszins de overlevingskansen van zijn bevolking aangetast: zowel de gemiddelde levensverwachting als de kindersterfte gingen er zelfs lichtjes op vooruit. Kortom, bekeken door een macro-economische telelens was iedereen op sterven na dood, maar met het perspectief van een microscoop bleken velen springlevend. Om het „Congo raadsel” op te lossen worden in dit artikel vijf hypothesen vooropgesteld, gaande van louter methodologische stellingen tot pure overlevingsstrategieën. Om ze te toetsen wordt gebruik gemaakt van verschillende nationale huishoudenquêtes, die doorheen de jaren werden afgenomen bij in totaal zo’n vijftigduizend gezinnen.

MOTS-CLES. — République Démocratique du Congo; Pauvreté; Stratégies de survie; 1970-2010.

RESUME. — *L’énigme Congo: évolution des modes de vie et de la pauvreté en République Démocratique du Congo (1970-2010) – un condensé.* — L’objectif de cet article est l’examen des multiples modes de vie à travers la République Démocratique du Congo (RDC) entre 1970 et 2010. Au milieu des années 1970, la RDC (Zaïre) est entrée dans une longue spirale descendante, pouvant être perçue comme un exemple typique d’échec étatique et de régression économique: la politique de nationalisation de Mobutu en 1973 en a été le déclencheur; la première guerre mondiale africaine (1998-2003) en a constitué le point d’orgue brutal. Durant cette période, le Congolais moyen a vu son salaire diminuer d’un cinquième seulement du niveau qu’il atteignait dans les années 1970. Curieusement, ce recul économique du pays ne semble pas avoir tellement affecté les chances de survie de sa population: l’espérance de vie tout comme les taux de mortalité ont même connu une légère hausse. En bref, si l’on regardait au travers d’un télescope macro-économique, tout le monde devrait être à l’article de la mort, mais au travers d’un microscope on voit que beaucoup de gens semblent en vie et en pleine forme. Pour résoudre cette «énigme Congo», cinq hypothèses seront émises. Là où la première se focalise sur la validité de ce paradoxe même, les autres sont formulées en tant que véritables stratégies de survie. Afin d’aborder chacune d’entre elles, le présent article fait appel aux données de plusieurs enquêtes nationales, qui ont été collectées au total auprès de cinquante mille ménages différents.

1. The Congo Puzzle

A common way to describe the Democratic Republic of Congo (DRC) is by a number of paradoxes, all of them boiling down to “so rich a country and yet so poor its population”. To portray the richness, one can choose to refer to the geological or agricultural scandal (TURNER 2007, p. 49), to the hydroelectric potential (HERDERSCHEE *et al.* 2012, pp. 58-60) or to some more recent environmental advantages offered by the Congo River basin, such as its carbon sink potential (MUSAMPA KAMUNGANDU *et al.* 2012) and freshwater reserves (AfDB & OECD 2007, p. 218). For every single aspect, the DRC is extremely well endowed and outperforms most of the other countries in the world. Paradoxically, the same country appears at the bottom of many lists in terms of development and well-being. The 2011 human development report (UNDP 2011) ranks the DRC in last place; according to the Global Hunger Index, food security is

the single worst of all countries (IFPRI 2011); and in terms of climate investment, one should rather avoid the DRC altogether as it is among the worst six in the world to do business with (WB 2012a). As these examples only relate to composite indices, the list of bad performances can be made a lot longer by considering their underlying indicators. One such indicator, and still the most extensively used to assess a country's welfare and developmental state, is the Gross Domestic Product (GDP) and its per capita equivalent. In 2011, the GDP per capita reached \$329.30 (PPP at constant international prices 2005), implying that an average Congolese should live on less than a dollar a day. In 1999, the DRC replaced Liberia, and has occupied the last place ever since (WB 2012b). By adding data on food security, the country's situation looks even more dismal with around 70 % of the population lacking access to adequate food, 25 % of children younger than five years old being malnourished and 6.4 million Congolese suffering from acute food insecurity (see D'HAESE *et al.* 2013 for more details).

How could the DRC end up in such a poor situation? In fact, the country at Independence Day in 1960 had roughly the same development level as South Korea (RENO 2006, p. 44) and was the second industrialized country on the continent after South Africa. Many authors have described in detail what exactly happened after Mobutu launched his unsuccessful policy of zairianisation in 1973 (BEZY *et al.* 1981, YOUNG & TURNER 1985, MATON *et al.* 1998, MARYSSE 2005, HERDERSCHEE *et al.* 2012), a history which reads like a textbook example of state failure and economic decay. Whereas some drivers behind this economic and state collapse were of purely domestic or foreign nature, most of them were rather a combination of both, mutually triggering and reinforcing each other, and which finally led to the 'first African World War' (MARYSSE 2005). Simultaneously, different state models were proposed to label the country's political system: from neo-marxist (Sangmpam cited in CLARK 1998) and dependent (GOULD 1980), through neo-patrimonial (WILLAME 1972, YOUNG & TURNER 1985) and absolutist (CALLAGHY 1987), to extractive (CLARK 1998), predatory (RENO 2006) and kleptocratic (BAYART *et al.* 1999).

Even if not all of these models axiomatically lead to economic decline (RENO 2006), some economic policies most certainly did. To begin with, the measures of zairianisation launched in 1973 and their more radical phase one year later soon proved to be the perfect recipe for disaster (YOUNG & TURNER 1985, p. 66). The infamous BLUMENTHAL (1982) report further underlined the structural economic mismanagement of public state resources during the Mobutu reign. This mismanagement saw its culmination point in the early 1990s with another series of catastrophic monetary policies (DE HERDT 2002), including the printing of money as its most impudent example. All these policies, needed to finance Mobutu's neo-patrimonial rule, completely eroded the state and its economy, making the country extremely vulnerable to any domestic or foreign events. As a result, the Rwandan civil war and its genocide in 1994 were exported to the

DRC, plunging the country into a vicious cycle of violence between 1997 and 2003 (REYNTJENS 2009). Later on, economic motives (driven by an abundance of mineral resources) gradually overtook political considerations as the explanation of the presence of domestic and foreign rebel groups, further prolonging the conflict beyond the formal signing of the peace treaties in 2003 (REYNTJENS 2005).

To illustrate the impact of this daunting historical account on Congolese society, consider figure 1 which depicts four different times series for the period 1970-2010 [1]* (each of them indexed at 1970 in order to facilitate an examination of relative trends).

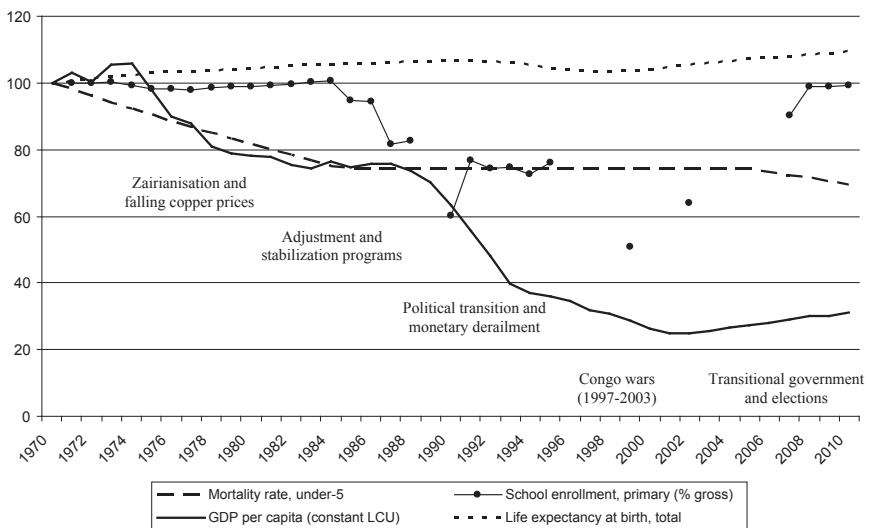


Fig. 1. — The Congo puzzle (source: WB 2012b).

On the one hand, one can clearly observe the long but steady decline in per capita GDP over the period considered, which ended in 2010 at only a third of the level it had attained in 1970. After a small increase in per capita GDP in the early 1970s, which was mainly generated by favourable world copper prices, a first steep decline set in from 1974 onwards. This decline resulted from the poor economic and fiscal policies in general and the measures of zairianisation in particular, undercutting the economic base of the country. This situation was further exacerbated from 1975 by falling copper prices, until then the financial backbone of the regime. From 1977 to 1986, the country was almost continuously under

* Numbers in brackets [] refer to the notes, p. 647.

some sort of stabilization and adjustment programme governed by the IMF, whose interventions could account for the relative stability in per capita GDP observed during this period (WA BILENGA TSHISHIMBI & GLICK 1993). By the end of the cold war in 1989, a long period of political transition set in, launching another episode of economic regression which seems to have reached a virtual bottom by the end of the second Congo war in 2002. Most of this decrease seems to have occurred in the early 1990s when a series of catastrophic monetary policies further eroded the economic fabric of the country (DE HERDT 2002). After this highly volatile period of transition, a slight economic recovery took place during the transitional government (2003-2006) and the first mandate of president Kabila after the elections in 2006.

On the other hand, life expectancy — though at a low level between forty-four and forty-eight years — remained largely constant over the period considered. It increased slightly between 1970 and 1990; it declined in the early nineties and has been increasing again since the beginning of the 21st century. Even more paradoxically, the under-five mortality rate substantially decreased to a level two thirds of what it was in 1970. This improvement in child health status was mainly achieved in the seventies and early eighties, after which this indicator largely remained constant. With respect to school enrolment, the series is more incomplete and certainly does not point to a significant increase in performance. However, for the most recent years, the Congolese again managed to send their children to primary school just as much as their parents did thirty or forty years ago, notwithstanding the much weaker economy.

So, how did the ordinary Congolese survive the many crises the country went through? Moreover, how did they manage to achieve even better development outcomes, as was clearly the case for child mortality and, to a lesser extent, life expectancy? In other words, what makes Congolese households so resilient; because if one would take the macro-level indicators of economic development for granted, “people should be starving in the streets” (MATON 1992, p. 1)? This is the main puzzle this research tries to resolve by examining the evolving living conditions of the Congolese people between 1970 and 2010.

2. Five Pieces to Solve the Puzzle

Fortunately, some scholars working on Congo/Zaire have already studied the same incongruity between formal economic statistics and real-world development outcomes, providing a number of hypotheses to ease the tension comprised within the “Congo puzzle”.

The first scholar surprised by the marked resistance of overall food intake in Kinshasa was J. Houyoux and his team, who led a number of methodologically similar budget surveys in the country’s capital. In fact, by comparing food outlays of 1969, 1975 and 1986, it seemed that the economic crisis did not much

affect the overall size of the Kinshasa food bowl, prompting the authors to label this observation as ‘miraculous’ (HOUYUX *et al.* 1986, p. 39). Following up on the work of Houyux and colleagues, MATON (1992) stretched the same argument to 1990 by pointing to the surprisingly stable calorie intake experienced by the inhabitants of Kinshasa, nourished in part by easy imports during the period 1975-1989. Furthermore, the latter made the “miracle of Kinshasa” more explicit by contrasting the standard macro-economic indicators with the micro-resilience of its citizens, while discussing the validity of a number of possible coping strategies (MATON 1992). Subsequently, other labels have also been used to describe the same incongruity in statistics: from the “enigma or black box of Kinshasa” (MATON 1992, p. 1) through the “Zairian miracle” (BRAECKMAN 1991, p. 4) to the “Zairian anomaly” (DE HERDT 2000, p. II).

In this section, a non-exhaustive list of five possible hypotheses will be presented, all differing in terms of likelihood and testability. Consequently, some of them will be better researched than others. Furthermore, whereas the first hypothesis is of a rather methodological and transversal nature, the other four can be considered as concrete applications of the national constitution’s “article 15”. This imaginary article postulates that people should “fend for themselves”, symbolizing the overall variety of coping strategies that one can pursue in order to make ends meet. Let us briefly go through each of them.

2.1. HYPOTHESIS 1: “SPURIOUS DATA”

The first hypothesis simply relates to the poor quality of data and statistics on Congo. As such, the “Congo puzzle” would be nothing more than a fictitious statistical conundrum, either because the real economic decline was less sharp than depicted in figure 1 or because data on human survival sketched too optimistic a scenario. To be sure, it is difficult to find a socioeconomic article on the DRC that does not start with a series of major reservations about the underlying data used, probably giving some ground to this first hypothesis.

2.2. HYPOTHESIS 2: “INFORMALIZATION”

Following the infamous statement *Iba na mayele* by Mobutu in 1976, “cleverly stealing” may be seen among the possible interpretations of article 15 (TSHIYOYO 2011, p. 107). As a matter of fact, this statement marked the real beginning of state decline as it involved the “implicit agreement between the Mobutist state and its citizens that allowed the former to retire from public life, while leaving to the latter the possibility to act unlawfully” (RAEYMAEKERS 2007, p. 77). But apart from stealing, bribing and other unlawful acts, article 15 also refers to the many creative responses the Congolese employed in order to deal with a myriad of local problems. So, according to this hypothesis, the Congolese may have compensated their loss in formal revenues by engaging themselves more and more in informal income activities.

2.3. HYPOTHESIS 3: “REDISTRIBUTION”

All previous hypotheses in one way or another questioned the accuracy of the official economic figures representing real household budget. The subsequent two will focus on a better use of the available budget, whether on a community or household level. The first way is by means of redistribution. This hypothesis states that economic decline was felt more by the richer layers in society than by the poorer — leaving the latter’s budget and consequently their survival chances largely unaffected. From a poverty perspective, the decrease in national income was partly mitigated by a decrease in inequality.

2.4. HYPOTHESIS 4: “DIET CHANGE”

Another way to survive a real income decrease is by consuming food items with a better calorie/price ratio. This hypothesis has already stemmed from the Kinshasa studies performed by Houyoux in 1975 and 1986, where a shift from starchy roots to cereals could be observed over the period considered (HOUYOUX *et al.* 1986, pp. 38-39). Later on, this conclusion was questioned again by MATON (1992) whose analysis rather pointed in favour of a shift towards cassava, as a low-priced and nutritious food item and thus of major importance for Kinshasa’s food security. Moreover, DE HERDT (2000, p. 104) asserted more generally that a “typical *Kinois* diet is flexible and tends to be adapted in function of changing relative prices”, prices which would have evolved in favour of maize and (imported) rice but against cassava. Given the general importance of food for survival, the recent phenomenon of city gardening and the soaring food prices observed during 2008, this hypothesis certainly deserves to be checked again.

2.5. HYPOTHESIS 5: “ASSET DEPLETION AND SHARING”

A hypothesis that has never been given much attention in research on the DRC has to do with household assets, whose access can often play a vital role for people’s survival — as the extensive literature on vulnerability and sustainable livelihoods has shown (MOSER 1998, SCOONES 1998, ELLIS 1998, BEBBINGTON 1999). In this research, two sub-hypotheses are considered. The first and perhaps most typical coping strategy in this respect is simply by selling off certain assets in order to compensate for declining income and thus to smooth consumption. The other sub-hypothesis rather focuses on possible improvements in asset sharing or allocation mechanisms, either with a direct positive impact on people’s health or indirectly by extending their income generating possibilities. So, what happened with asset ownership and its use over the years?

3. Patchwork Country, Patchwork Analysis

In several respects, our knowledge about the DRC is fragmented and scattered through time and place. Some regions in some periods are better documented than others. To a large extent, this is not only due to the country's volatile history, but also to its complex cultural and social heterogeneity combined with its disadvantageous economic geography, two factors which typically constrain the exchange of commodities, ideas and knowledge. As a result of all this, the country together with the data that should describe it, have become a "patchwork" (POURTIER 2008, pp. 25-29). In fact, apart from some particular regions (like the capital city, the mineral-rich areas or the eastern and conflict-prone provinces), little is known about many other regions, especially those in the country's hinterland. However, after the formal end of the conflict in 2003, several nationwide representative household surveys were carried out in the DRC. These recent data combined with some previous efforts to shed light on the various living conditions across the country, in total containing information about fifty thousand different households, will serve as the main ingredients to solve the "Congo puzzle" (tab. 1). These raw data allow us not only to operate under the political radar of macro-level statistics, but also to adopt a spatially more refined and context-sensitive approach — in many instances indispensable given the multifaceted nature of the country. Evidently, given the extended time frame and the associated changes in welfare approaches and methodology, due

Table 1
Overview of cross-sectional datasets (1975-2010)

Survey	Year	Size	Description
8 city surveys	1975-1976	3,508	Series of eight demographic and budget surveys, carried out in Kikwit, Bukavu, Kananga, Bandundu, Kinshasa, Kisangani, Matadi and Mbandaka
MICS 1	1995	4,574	Multiple Indicator Cluster Survey on the situation of children and women
MICS 2	2001	8,704	Multiple Indicator Cluster Survey on the situation of children and women
1-2-3 Survey	2005	13,215	National household and budget survey on employment, informal sector and consumption
DHS	2007	8,886	Demographic and health survey on population, health, HIV and nutrition
MICS 4	2010	11,490	Multiple Indicator Cluster Survey on the situation of children and women
Total		50,377	

Source: own compilation based on survey reports.

care has been given to assure maximal comparability over time. For example, when analysing household budget over time, there has been a shift from expenditures to consumption, in order to include rental values for a number of durables owned by the household. Likewise, per capita measures have been gradually replaced by indicators using adult equivalence scales, which are able to control for the size and composition of the household — thus providing a more reliable measure of economic welfare. Depending on the flexibility of the data available, adjustments have been imputed to make datasets as comparable as possible.

4. Puzzling out...

After a qualitative assessment of the first hypothesis on data quality, the main results of the changing living conditions will be first discussed for Kinshasa, then for some other important cities in the country. Given the limited space available, this section will only provide broad explanations to alleviate the tension comprised in the “Congo puzzle”. For more information on the underlying data used, the methodologies applied and the precise results obtained, the interested reader is invited to consider the corresponding chapters of the doctoral manuscript, which can be obtained upon request.

4.1. HYPOTHESIS 1: “SPURIOUS DATA”

Questioning the quality of country statistics in order to instantly elucidate the “Congo puzzle” is really a non-starter — as if the reader was invited to immediately stop reading and turn his attention to another country of interest. In fact, as JERVEN (2013) discussed in his recent book *Poor Numbers*, this problem does not seem to be limited to the DRC alone but applies to many other African countries as well. As a result, being too rigid on minimal standards for data quality will probably prompt many researchers to forego the African continent altogether. This is neither an option nor a fair and constructive starting point: raising doubts is one thing, verifying and situating them quite another. By making this hypothesis explicit, this research intended to assess the overall data and information architecture of the country as being an integral part of the research results. So, what could be said about data quality in the DRC, and how did this affect the outlook of the “Congo puzzle”?

To start with, it is certainly incorrect to state that there is hardly any socio-economic data on the DRC. As a matter of fact, each year new country statistics are added to the many time series included in several international datasets. For economic growth, life expectancy and child mortality for example, a few mouse clicks are sufficient to obtain complete data series. In addition, with respect to household data, one can also observe a marked acceleration in the number of surveys carried out over the past decades. After the national census in 1984,

there were four surveys on education and health (MICS/DHS), one survey on food security and vulnerability (CFSVA) and one budget survey (1-2-3 Survey). Meanwhile, a follow-up of the latter survey is currently underway and a second national census is planned for the near future.

Unfortunately, the available data are of a questionable nature, if not basically poor. However, a distinction should be made between country statistics on the one hand and survey data on the other. Whereas the latter inherently contain the purer and less manipulated pieces of information, the former have proven to be the outcome of an obscure blend of various estimation techniques often applied to a weak informational basis underneath. A case in point is GDP per capita, where sizeable variation in official estimates exists and where the core data could only be obtained through information coming from an outdated national census (1984) and an even more outdated national accounting system (UN 1968). Moreover, all the official estimates largely ignore economic activity which takes place in the informal sector. Assuming this sector has increased in importance over time, the real economic crisis in the DRC will probably have been less pronounced than its depiction in the official GDP data. Similar observations could be made with respect to survival statistics: survey results on children's survival rates using very different mortality techniques have been inter- and extrapolated to produce complete, but clearly fabricated, data series. In this case, the official series on life expectancy and child mortality probably sketched too optimistic a scenario, compared to the survey totals on which they should have been ultimately based. Combining both observations, the hypothesis of data quality being at least partially responsible for the puzzling nature of the official country statistics could hereby be endorsed.

However, when taking the survey results on life expectancy and child mortality for granted, there is still enough room to mention an important discrepancy between human survival and macro-economic performance. In fact, when the country at large recorded between 1970 and 2003 a negative economic annual growth rate of more than 4 % on average, life expectancy shrank only by 0.09 % and child mortality rose by 0.31 % during the same crisis years. Furthermore, this "Congo puzzle" finds its replication in many other individual provinces. Most salient in this respect is the province of Bandundu with its counter-cyclical performance in health. To a lesser extent, the larger Kivu region and both Kasai provinces are also puzzling in that their populations seem to have digested the economic crisis relatively well. The latter observation may also apply to the people of Kinshasa and Katanga, taking into account the much steeper economic decline observed in these provinces. On the other hand, the inhabitants of Bas-Congo, Equateur and Orientale seem to have shown much less resilience to crisis.

Whereas country statistics could be potentially misleading, survey data rather merit the label "challenging to use". One cross-cutting difficulty encountered with all national surveys in this respect relates to the underlying sampling frame

used to claim representativeness. This sampling frame was set using only 10 % of all census records obtained in 1984, while being updated ever since using a spatially homogeneous 3 % annual growth rate. Evidently, the relevance of such a sampling frame may be highly questionable, certainly for the most recent survey initiatives (DHS 2007 and MICS4 2010), where indeed fierce discussion arose around the ‘exact’ ratio of urban to rural population. Other general difficulties relate to the poor (or in-)accessibility of raw data (except for DHS/MICS), the scattered nature of background material and the overall poor assistance provided when clarification is needed (except for MICS4). Furthermore, apart from changes in the underlying variable definitions over time and some inconsistencies between report and dataset, one more crucial problem stands out. Since the 1-2-3 budget survey did not capture prices in a standardized manner, most analyses on money-metric welfare remained highly nominal in nature and thus meaningless in terms of results. All these quality aspects may in part also explain why survey data on the DRC are barely ever used for academic research or policy making.

4.2. THE CAPITAL CITY, KINSHASA (1975-2004)

Although this research went well beyond an analysis of the capital city, there was clearly a bias in favour of Kinshasa. Of course, this had something to do with a similar bias in terms of existing knowledge and available data, which made Kinshasa after all far better researched than many other regions of the country.

A first striking result is the overall stability in welfare levels observed between 1975 and 2004: mean daily expenditure remained stable at 485 CF [2] per person as did overall inequality with a Gini coefficient of around 0.39. Against the backdrop of the sharp macro-economic regression reflected by a 75 % decrease in per capita GDP (which corresponds to an annual negative growth rate of around 4.6 %), this finding can only relate to an equally drastic increase in informalization. To be sure, whereas only 19 % of all household heads were self-employed in 1975, this percentage increased markedly to around 47 % in 2004. Moreover, more than 80 % of all families nowadays depend entirely or partially on the informal sector for their daily survival. As such, the “Congo puzzle” could be instantly explained for Kinshasa: the *Kinois* survived their troublesome history by compensating for their formal wage losses with incomes generated in the informal sector. Moreover, this sector also allowed the inhabitants of Kinshasa to counterbalance (at least partially) the retreat of the state from a number of public sectors. The stability in mean expenditure levels between 1975 and 2004 is actually a reflection of an increase in real purchasing power by around 21 % combined with an increase in people’s needs to further privately finance the schooling of their children and (to a lesser extent) the housing for their family.

However, when considering the evolution of asset ownership over time, a sole reliance on the informalization hypothesis to explain the “Congo puzzle” does not seem to suffice. In fact, despite the long and protracted crisis, the population of Kinshasa was able to accumulate a considerable amount of household assets, mainly in terms of housing and consumer durables. Therefore, in order to enable this asset drift, other coping mechanisms entered the picture again. One such mechanism entailed the sharing of assets. During the crisis years, the average household size in Kinshasa increased from 6.05 to 6.88 members, reflecting the integration and absorption of worse-off relatives, who in principle contributed to an increase in access to assets. Another, and maybe more genuine factor that enabled the asset drift, involved the hypothesis on diet change. Without a doubt, the *Kinois* over time made a more efficient use of their food budget, largely by reducing cassava and introducing much more maize and imported rice to their daily menu — two food items which are more nutritious than cassava. However, this diet change did not coincide with an increase in calorie sufficiency between 1975 and 2004: the daily calorie intake of the *Kinois* largely stagnated around a meagre 1,351 kcal per person. Consequently, the financial benefits resulting from this more efficient use of food outlays must have been entirely used for other purposes than better nourishment, such as for asset accumulation. As such, these observations at the same time reflect a surprising dynamism in food habits combined with increased social pressure to invest in assets such as televisions and cars, the first being a genuine social status good for many *Kinois*, the second also having an important productive quality.

Moreover, this diet change did not seem to be a first-stage reaction to crisis, as it mainly occurred after 1986. In fact, starting from an analysis of the most important food items, we pointed to a substantial increase in calorie intake in the period 1986-2004, which by definition denotes a calorie decrease by the same token between 1975 and 1986. As such, and largely in line with other African case studies on coping strategies (CORBETT 1988), rationing of food consumption is often one of the first reactions to crisis. Furthermore, the changing food habits at a later stage clearly connect with Kinshasa’s integration in world food markets. Since 1986 the inhabitants of the capital city have depended for their daily survival to an ever increasing extent on food imports from abroad. The latter aspect became quite tangible when a comparative analysis of local food prices revealed the very unfavourable position of the capital city within its own domestic food market. In general, food prices are twice to four times as high in Kinshasa compared to the rest of the country, which makes international food trade a profitable business in a country that in principle should be able to easily meet its own food needs. As a result, within the top 10 of the most consumed food items in Kinshasa, only cassava and maize are locally produced. For the same reason, the *Kinois*’ diet nowadays is largely based on imported rice and wheat.

With respect to the hypothesis of a progressive income redistribution, which mitigated the effects of economic decline for the poorer layers of society, one would be tempted to conclude, from the discussion above, that this simply did not occur in Kinshasa. Briefly stated, since informalization buffered most of the negative consequences between 1975 and 2004, there was no need to pass the invoice of the crisis to the richest in society. Now a little more can be said on how inequality evolved over time. Notwithstanding the many methodological constraints in comparing the survey results of 1986 with the 2004 data, we pointed to a marked increase in inequality combined with a substantial growth in household expenditure. Therefore, given the marked stability in welfare levels between 1975 and 2004, the first eleven years (1975-1986) must be characterized by a downward levelling of Kinshasa's income distribution. This sequence of events may suggest that informalization first hit the middle and top segments of society, as they in particular lost much of their formal wage while being less equipped to survive in the informal sector compared to the poorest in society, who already depended much on the latter sector. Then, in a second stage, the same people may have learned the art of coping by using their previous or current, but financially eroded, formal affiliations as a stepping stone to engage in a new series of informal income activities, resulting in higher incomes and increased inequality.

4.3. CONGO'S URBAN SECTOR (1975-2005)

In this study, a broader geographical perspective was adopted by first analysing the changing living conditions in a few other urban centres, after which a more detailed account of the current living conditions was provided. Just as the formal crisis affected the survival changes of the Congolese in varying degrees (see *supra*), the portfolio of coping strategies pursued was also highly diverse across the country. To be sure, the exact way the inhabitants of Kinshasa responded to crisis between 1975 and 2004 was by no means identical for other cities' responses — although some ingredients were similar. Unfortunately, unlike the case of Kinshasa, there are no intermediate surveys to identify coping strategies over time. Furthermore, for the provinces of Katanga, Kasai-Oriental, Maniema and North Kivu, no ex-ante budget survey could be employed, which kept the overall analysis biased towards the western part of the country (fig. 2). Besides, the data available for the other regions did allow us to check a largely similar set of hypotheses.

To start with, people living in the cities geographically closest to the capital city also resorted to a number of similar coping strategies. In Kikwit, Bandundu and Matadi (three cities in the two neighbouring provinces), the informal sector again represented a very important mechanism to compensate for losses in formal income. At the same time, asset ownership in these cities also markedly increased between 1975 and 2005, which required further inspection of the other

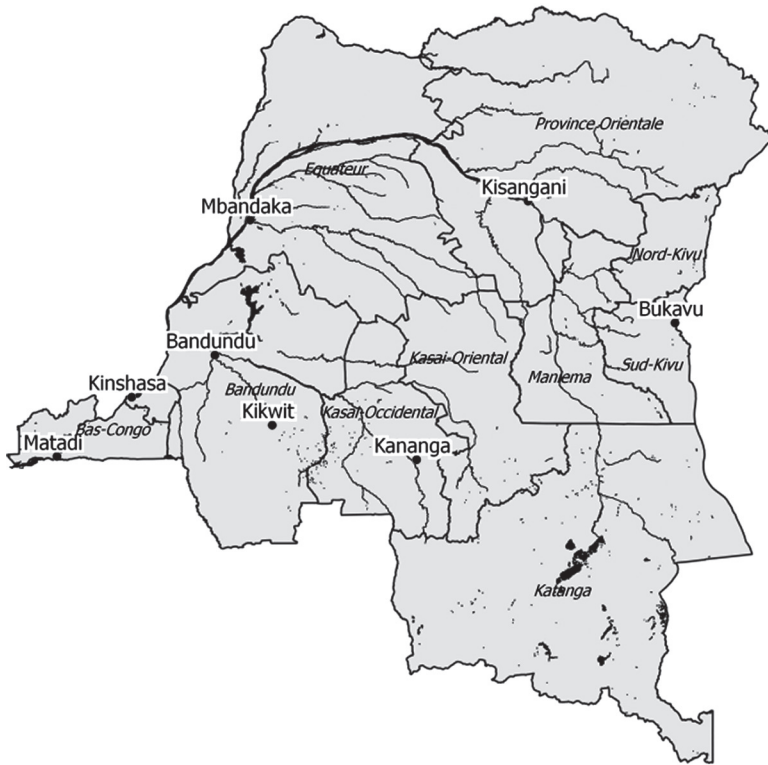


Fig. 2. — Main research areas to study changes in livelihoods between 1975 and 2005 (*source*: this map has been created using Quantum GIS and geographic data coming from *Africover*).

coping strategies to clarify in turn how this was financed. In fact, the asset drift in these cities seemed to be more centred on technological goods (such as televisions, cars and fridges) and somewhat less on improved housing conditions. Again, this increased asset ownership can be partially (and rather methodologically) explained by evolutions in household size, which were increasing during the crisis years and decreasing afterwards. Another explanation concerns the substitution of starchy roots (such as cassava) for cereals (such as maize and rice), which seemed to have been most economizing for Matadi. So far, the response to crisis formulated by the citizens of Kikwit, Bandundu and Matadi has been quite similar to that of the *Kinois*. However, whereas inequality only slightly decreased in Kinshasa between 1975 and 2004, a strong progressive redistribution took place in Bandundu and Kikwit, whose Gini coefficient went from 0.34 to 0.24 in the former and from 0.33 to 0.28 in the latter. These more equal income distributions also suggest that the overall process of informalization worked relatively better for the poorer layers in both cities, which in fact

also explains the distinctly better survival statistics observed in this particular province. In line with the argument that inequality matters a lot for the poor (NASCHOLD 2002), Bandundu was the only province recording anti-cyclical performances in terms of life expectancy and child mortality, as well as the only one characterized by a progressive income redistribution (at least within the urban sector). On the contrary, inequality largely stagnated in Matadi between 1975 and 2005. However, compared to its rural hinterland, the city's Gini coefficient is relatively high (around 0.37), which may relate to the unequal economic opportunities offered by its international port. And finally, in Matadi, one could also observe a more efficient use of sanitation facilities over time, pointing to a potential reduction in calorie leakage. Given the fact that Bas-Congo's track record in terms of human survival was among the poorest in the country and Matadi's set of coping strategies was somewhat similar to that of Kinshasa, one could assume that the province's rural sector was largely responsible for this worsening in human development.

In the cities of Mbandaka and Kananga — the provincial capitals of Equateur and Kasai-Occidental — one could observe another combination of coping strategies. For sure, informalization again proved to be a powerful tool to compensate for falling formal revenues, as the mean family budget by and large remained equal in Mbandaka and even pointed to an increase in Kananga. This time, however, the hypothesis of asset depletion was confirmed, as reductions in ownership were observed for non-technological goods in general, as well as for fridges in both cities and cars in Mbandaka. At the same time, access to sanitation facilities also became more equal among the urban dwellers in Equateur. Furthermore, the citizens in both cities saw their daily menu substantially change. For the citizens of Kananga, who were already highly dependent on maize consumption back in 1975, the effect of the substitution of starchy roots by cereals was less economizing than it was for other cities. For Mbandaka, this diet change did not concern the latter type of substitution, but was rather characterized by a marked increase in the consumption of palm oil, as a cheap and calorie-rich food item. Although the citizens of both cities exercised a similar set of coping strategies, the one followed in Mbandaka was clearly more pronounced. Tragically enough, it clearly proved to be insufficient as the province's evolution in life expectancy and child mortality was among the most precarious of the country. Probably due to the coping behaviour observed, survival prospects in Kasai-Occidental, on the other hand, were not much impaired over time.

And finally for Bukavu, the provincial capital of South Kivu, another set of coping strategies was used. To start with, and unlike all the other cities discussed, mean budget levels not only more than halved over the period 1975-2005, the distribution also became significantly more unequal as the Gini coefficient rose from 0.36 to 0.43. As such, the hypotheses of informalization and redistribution could not be confirmed. Whereas the presence of mineral resources provided an argument for the growing inequality observed, the dubious quality

of the budget data collected in South Kivu could be invoked to explain the very low welfare levels in 2005. In fact, there is little or no reason to believe why expenditures in South Kivu in 2005 would be more than twice as low as those in North Kivu, and also the lowest of all regions in the country [3]. Moreover, the formal economic decline did not much complicate the health prospects of most *Bukaviens*, as survival statistics for the province largely remained constant over time. Other explanations for this marked resistance could again be found in the more economical use of the food budget. Over time, calories from starchy roots were increasingly substituted by calories from cereals. Within the asset dimension, a slight depletion occurred in terms of housing conditions and non-technological goods, coupled with an overall improvement in hygienic conditions as observed in a more equal access to available sanitation facilities.

Unfortunately, the survey report with local price information for Kisangani could not be located, which prevented a similar assessment of all budget-related hypotheses. However, in terms of asset ownership and use, the citizens of Kisangani increasingly shared a reduced asset base. This asset depletion mainly related to housing conditions and non-technological consumer goods, and therefore somewhat aligns with the observations of Bukavu.

5. Conclusions

Taken together, most people in the urban sector of the DRC survived their troublesome history by engaging massively in the informal sector. In some cases, this sector worked pro-poor, in others pro-rich; but in almost all cases informal revenues have fully compensated for any formal income loss that occurred between 1975 and 2005, as well as for the retreat of the state from some key public sectors like education. Another major safety net against adversity was also the extended family. In this respect, household size seemed to be a very reliable predictor of periods of hardship and relative prosperity, as larger households are better able to pool risk and share available assets. The third most important coping strategy concerned the change in people's food basket, where cassava was substituted by cereals like maize and rice (and to a lesser extent by palm oil). Depending on local prices, this diet change often proved to be either more economical or more nutritious.

By contrast, asset depletion was far from a shared coping strategy among the urban citizens in the DRC, as it only occurred in cities further away from Kinshasa. In fact, depletion mainly took place in the urban sector of Equateur and Orientale, where cars were largely substituted for bicycles. Furthermore, even where people substantially depleted their asset base, housing quality largely remained unaffected and ownership of televisions typically increased between 1975 and 2005. The first observation of course relates to the ever-present necessity to be able to house worse-off relatives at all times, but also to the productive

nature of a house in terms of providing space to perform a number of (informal) home-based income activities. The television drift, combined with low overall nutritional intakes, clearly pointed to the social importance attached to this particular asset as well as to the relaxation of food habits. And finally, the hypothesis of a progressive income redistribution could not be confirmed in general, as it only occurred in two cities of Bandundu.

ACKNOWLEDGEMENTS

The author is grateful to the editors of this journal and two anonymous referees for their insightful and constructive comments. Obviously, all errors remain the author's sole responsibility.

NOTES

- [1] Although many new developments have characterized the DRC since 2010 (*e.g.* large-scale investments in infrastructure, the presence of new actors such as China, etc.), this research will limit its scope to the period 1970-2010.
- [2] This corresponds to approximately \$1.2 per person per day.
- [3] Consulting the pool manager of South Kivu for the 1-2-3 Survey (2004-5) did not reveal any irregularities in terms of data collection and processing. The former vice-rector of the Catholic University of Bukavu, for his part, declared the existence of an unintentional bias in sample design, as if only the poorest neighbourhoods in Bukavu (and the poorest territories in South Kivu) had been surveyed.

REFERENCES

- AfDB & OECD 2007. African Economic Outlook 2006/2007. — Tunis/Paris, African Development Bank and Organisation for Economic Co-operation and Development.
- BAYART, J.-F., ELLIS, S. & HIBOU, B. (Eds.) 1999. From Kleptocracy to the Felonious State? — *In: The Criminalization of the State in Africa*. Oxford, James Currey, pp. 1-31.
- BEBBINGTON, A. 1999. Capitals and Capabilities: A Framework for Analyzing Peasant Viability, Rural Livelihoods and Poverty. — *World Development*, **27** (12): 2021-2044.
- BEZY, F., PEEMANS, J.-P. & WAUTELET, J.-M. 1981. Accumulation et sous-développement au Zaïre 1960-1980. — Louvain-la-Neuve, Presses Universitaires de Louvain (UCL).
- BLUMENTHAL, E. M. 1982. Zaïre: rapport sur la crédibilité financière internationale. — *In: DUNGIA, E., Mobutu et l'argent du Zaïre: les révélations d'un diplomate ex-agent des services secrets*. Paris, L'Harmattan, pp. 136-155.
- BRAECKMAN, C. 1991. Le Zaïre au-delà des statistiques. — *Le Soir* (29 August).
- CALLAGHY, T. 1987. Absolutism, Bonapartism, and the Formation of Ruling Classes: Zaire in Comparative Perspective. — *In: MARKOVITZ, I. L. (Ed.), Studies in Power and Class in Africa*. New York, Oxford University Press, pp. 95-117.

- CLARK, J. E. 1998. The Nature and Evolution of the State in Zaire. — *Studies in Comparative International Development*, **32** (4): 3-23.
- CORBETT, J. 1988. Famine and Household Coping Strategies. — *World Development*, **16** (9): 1099-1112.
- DE HERDT, T. 2000. Surviving the Transition, Institutional Aspects of Economic Regress in Congo-Zaire. — Antwerp (unpublished doctoral manuscript).
- DE HERDT, T. 2002. Democracy & the Money Machine in Zaire. — *Review of African Political Economy*, **93-94**: 445-462.
- D'HAESE, L., BANEA-MAYAMBU, J.-P. & REMAUT-DE WINTER, A.-M. 2014. Food Security in the Democratic Republic of Congo. — In: RAMMELOO, J., VAN DE VIJVER, B. & GOYENS, P. (Eds.), Proceedings International Conference "Nutrition and Food Production in the Congo Basin" (Brussels, 30 Sept. – 1 Oct. 2013). Brussels, Royal Academy for Overseas Sciences & National Committee for Biological Sciences.
- ELLIS, F. 1998. Household strategies and rural livelihood diversification. — *Journal of Development Studies*, **35** (1): 1-38.
- GOULD, D. J. 1980. Bureaucratic Corruption and Underdevelopment in the Third World: The Case of Zaire. — New York, Pergamon Press.
- HERDERSCHEE, J., KAISER, K.-A. & MUKOKO SAMBA, D. 2012. Resilience of an African Giant, Boosting Growth and Development in the Democratic Republic of Congo. — Washington DC, The World Bank.
- HOYOUX, J., KINAVUIDI NIWEMBO & OKITO ONYA 1986. Budgets des ménages Kinshasa 1986. — Kinshasa/Bruxelles, BEAU and ICHEC.
- IFPRI 2011. Global Hunger Index 2011. The Challenge of Hunger: Taming Price Spikes and Excessive Food Price Volatility. — Washington DC/Dublin/Bonn, International Food Policy Research Institute, Concern Worldwide and Welthungerhilfe.
- JERVEN, M. 2013. Poor Numbers, How We Are Misled by African Development Statistics and What to Do about It. — Ithaca, Cornell University Press.
- MARIVOET, W. 2013. The Congo Puzzle: Evolving Livelihoods and Poverty in the Democratic Republic of Congo (1970-2010). — Antwerp, University of Antwerp, Faculty of Applied Economic Sciences.
- MARYSSE, S. 2005. Regress, War and Fragile Recovery: The Case of the DR Congo. — In: MARYSSE, S. & REYNTJENS, F. (Eds.), The Political Economy of the Great Lakes Region in Africa. The Pitfalls of Enforced Democracy and Globalization. New York, Palgrave Macmillan, pp. 125-151.
- MATON, J. 1992. How do the poor in Kinshasa survive: Miracle, enigma or black box? — Ghent (mimeographed).
- MATON, J., SCHOORS, K. & VAN BAUWEL, A. 1998. Congo 1965-1997. — Ghent, University of Ghent.
- MOSER, C. O. N. 1998. The Asset Vulnerability Framework: Reassessing Urban Poverty Reduction Strategies. — *World Development*, **26** (1): 1-19.
- MUSAMPA KAMUNGANDU, C., MANE, L., LOLA AMANI, P., BERTZKY, M., RAVILIOUS, C., OSTI, M., MILES, L., KAPOV, V. & DICKSON, B. 2012. Mapping potential biodiversity benefits from REDD+, The Democratic Republic of the Congo. — Cambridge, UNEP and WCMC.
- NASCHOLD, F. 2002. Why Inequality Matters for Poverty. — London, Department for International Development, Inequality Briefing Paper 2.
- POURTIER, R. 2008. Reconstruire le territoire pour reconstruire l'Etat: la RDC à la croisée des chemins. — *Afrique Contemporaine*, **3** (227): 23-52.

- RAEYMAEKERS, T. 2007. The Power of Protection, Governance and Transborder Trade on the Congo-Ugandan Frontier. — Ghent (unpublished doctoral manuscript).
- RENO, W. 2006. Congo: From state collapse to 'absolutism', to state failure. — *Third World Quarterly*, **27** (1): 43-56.
- REYNTJENS, F. 2005. The privatisation and criminalisation of public space in the geopolitics of the Great Lakes region. — *Journal of Modern African Studies*, **43** (4): 587-607.
- REYNTJENS, F. 2009. The Great African War: Congo and Regional Geopolitics, 1996-2006. — Cambridge, Cambridge University Press.
- SCOONES, I. 1998. Sustainable Rural Livelihoods: A Framework for Analysis. — Brighton, Institute of Development Studies, IDS Working Paper 72.
- TSHIYOYO, M. M. 2011. Civil Service in the Democratic Republic of the Congo. — *African Journal of Public Affairs*, **4** (1): 103-113.
- TURNER, T. 2007. The Congo Wars: Conflict, Myth and Reality. — London/New York, Zed Books.
- UN 1968. A System of National Accounts. — New York, The United Nations.
- UNDP 2011. Human Development Report 2011. Sustainability and Equity: A Better Future for All. — New York, United Nations Development Programme.
- WA BILENGA TSHISHIMBI & GLICK, P. 1993. Economic Crisis and Adjustment in Zaire. — Ithaca, Cornell University, CFNPP Monograph 16.
- WB 2012a. Doing Business 2012. Doing Business in a More Transparent World. — Washington DC, The World Bank.
- WB 2012b. World Development Indicators 2012. — Washington DC, The World Bank.
- WILLAME, J.-C. 1972. Patrimonialism and Political Change in the Congo. — Stanford, Stanford University Press.
- YOUNG, C. & TURNER, T. 1985. The Rise and Decline of the Zairian State. — Wisconsin, The University of Wisconsin Press.

Classe des Sciences techniques

Klasse voor Technische Wetenschappen

Impact of Climate Variability and Change on Hydrological Extremes*

by

Patrick WILLEMS**

KEYWORDS. — Extremes; Climate Change; Floods; Hydrology; Rivers; Trends; Water Scarcity.

SUMMARY. — Based on case studies for the river Nile basin in Africa, and catchments in Surinam, Ecuador, Bolivia and Northwest China, historical and future rainfall and river flow trends are analysed including multi-decadal climate oscillations. Impact results show that climate change may lead to severe increases in the frequency and magnitude of peak rainfall intensities and river discharges, and reduced water availability for agricultural, domestic and industrial purposes, including hydropower production. At the same time, due to the difficulties and uncertainties in climate change impact modelling and analysis, caution must be exercised when interpreting climate change scenarios. These uncertainties can, however, not be used as an argument for not taking determined actions. Instead, uncertainties should be accounted for and flexible and sustainable solutions aimed at.

TREFWOORDEN. — Extremen; Hydrologie; Klimaatverandering; Overstromingen; Rivieren; Trends; Watertekorten.

SAMENVATTING. — *Impact van de klimaatvariëaties en -verandering op hydrologische extremen.* — Historische en toekomstige variaties en trends in neerslag- en rivierdebiet-extremen als gevolg van natuurlijke klimaatvariabiliteit zoals multidecadale klimaat-schommelingen en antropogene klimaatverandering, werden geanalyseerd. Dit gebeurde in verschillende gevalstudies: het rivierbekken van de Nijl in Afrika, en stroomgebieden in Suriname, Ecuador, Bolivia en Noordwest-China. Impactresultaten van klimaatverandering tonen zowel een toename in de frequentie en grootte van piekneerslag en -afvoeren, als verminderde waterbeschikbaarheid voor landbouwkundige, huishoudelijke en industriële toepassingen, inclusief hydro-elektriciteitsopwekking. Terzelfdertijd is voorzichtigheid geboden bij het interpreteren van deze impactresultaten. Toekomstige klimaatscenario's zijn immers nog erg grofschalig en onzeker. Deze onzekerheid mag echter geen argument vormen voor het uitstellen van de impactberekeningen en het nadenken over klimaatadaptatiestrategieën. Klimaatadaptatie dient wel rekening te houden met de onzekerheden, bijvoorbeeld via het ontwerp van flexibele en duurzame oplossingen.

* Paper presented at the Meeting Day “Young Researchers Overseas” held on 16 December 2014. Text received on 2 November 2015 and submitted to peer review. Final version, approved by the reviewers, received on 11 February 2016.

** Member of the Academy; KU Leuven, Department of Civil Engineering, Hydraulics Section, Kasteelpark Arenberg 40, B-3001 Leuven.

MOTS-CLES. — Extrêmes; Changement climatique; Hydrologie; Inondations; Pénurie d'eau; Rivières; Tendances.

RESUME. — *Impact de la variabilité et du changement climatiques sur les extrêmes hydrologiques.* — A partir de cas d'étude du bassin versant du Nil en Afrique et de bassins au Surinam, en Equateur, en Bolivie et au nord-ouest de la Chine, sont analysées la variabilité naturelle et les tendances des précipitations et des débits des rivières historiques et futures, y compris les oscillations climatiques s'étalant sur plusieurs décennies. Les résultats d'impact montrent que le changement climatique peut conduire à des augmentations aiguës de la fréquence et de l'ampleur des précipités et débits extrêmes, et à une disponibilité réduite de l'eau à des fins agricoles, domestiques et industrielles, y compris la production d'hydroélectricité. De surcroît, en raison des difficultés et des incertitudes liées à la modélisation et l'analyse de l'impact du changement climatique, il convient d'être prudent lors de l'interprétation des scénarios face à ce changement. Ces incertitudes ne peuvent toutefois pas être utilisées comme un argument pour ne pas prendre des mesures déterminées. L'adaptation aux changements climatiques doit tenir compte des incertitudes, notamment par la recherche de solutions flexibles et durables.

Introduction to Climate Change

The new Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) reports for most land areas of the world an increase in the frequency, intensity, and/or amount of heavy precipitation till the late twenty-first century, as being very likely the result of global warming (IPCC 2013, 2014). Also the intensity and/or duration of droughts will likely increase in many regions. Climate physics indeed explain that the temporal variability of rainfall intensities in general will increase as a consequence of the higher water-holding capacity of the atmosphere when global air temperature rises. To assess the consequences of these climatic changes on the occurrence and severity of hydrological extremes (floods, water scarcity conditions), historical climate observations and future projections by climate models are combined with statistical methods and hydrological and hydraulic impact models.

Natural Climate Variations

Before studying future climate change, it is most useful to analyse, understand and study the impacts of historical natural climate variations. Given the fact that climate represents the statistics of weather conditions during several decades, climate variations should also be studied at such (multi-)decadal time scales. What is most relevant for the application of impact analysis on hydrological extremes are changes in extreme precipitation statistics and in temperature or potential evapotranspiration (PET). These two aspects — changes in the statistics of extremes, over (multi-)decadal time scales — combined, NTEGEKA & WILLEMS (2008) and WILLEMS (2013) proposed a method to analyse temporal

variations or anomalies in quantiles (*i.e.*, precipitation quantiles, which are precipitation values for given probability of exceedance or for given recurrence intervals or return periods).

How these natural climate variations propagate to temporal variations in hydrological extremes can be assessed by means of the hydrological/hydraulic impact model (transferring the meteorological inputs to the hydrological model outputs). Another option is to study the temporal anomalies in extreme hydrological quantiles directly from river flow observations. In case both approaches — model-based and empirical — would be applied and the results compared, systematic temporal trends in the difference between both would indicate a trend in the hydrological/hydraulic system response to the meteorological inputs. This may be due to land-use change in the catchment, changes in river regulations, water abstractions or other types of temporal changes.

This approach is illustrated in figure 1 for the Blue Nile basin in Ethiopia at the border with Sudan at Ed Deim. These results are adopted from the study by TAYE & WILLEMS (2013). Figure 1 shows the temporal percentage change in annual maximum flow quantiles based on a time series of historical daily flows for the period 1964–2004 using a sliding window of ten years. In each window of ten years, the ten annual maxima are sorted and — depending on their rank — associated with specific recurrence intervals. The same calculation is done, but for all annual maxima in the full time series. By taking the average ratio of the flows in the ten-year window over the corresponding flows (for the same recurrence intervals) in the full period and multiplied with 100 %, the anomaly percentage is computed. For more details on the method, the reader is referred to NTEGEKA & WILLEMS (2008) and WILLEMS (2013). The method can be applied to extreme flows extracted from the full time series using different approaches.

In figure 1, a comparison is made between the temporal anomaly calculated for the annual maximum flows extracted from the observed historical flow series versus the same anomaly computed based on the results of two different hydrological models, called NAM and VHM. The models use precipitation and potential evapotranspiration (PET) as inputs and calculate daily flows downstream the basin. They were calibrated and validated to the historical flow observations, after assuming that the model parameters, hence the catchment characteristics, do not change over time. The temporal anomalies in the model-based results thus are uniquely the result of the temporal anomalies in the meteorological model inputs. From the close agreement between the observations and model-based anomalies, we learn that the temporal changes in the basin characteristics are small and minor in comparison with the propagated temporal changes in meteorological conditions. What can be clearly seen in figure 1 is that the hydrological extremes show multi-decadal oscillatory behaviour with oscillation highs (higher flow extremes) in the 1960s–1970s and the 1990s and oscillation lows (lower flow extremes) in the 1980s. Results by TAYE & WILLEMS (2012) and TAYE *et al.* (2015) confirm that this is due to similar multi-decadal oscillations

in the precipitation extremes. The oscillations are found to be correlated with the sea-level pressure differences over the Equatorial Pacific; see figure 2 (TAYE & WILLEMS 2011).

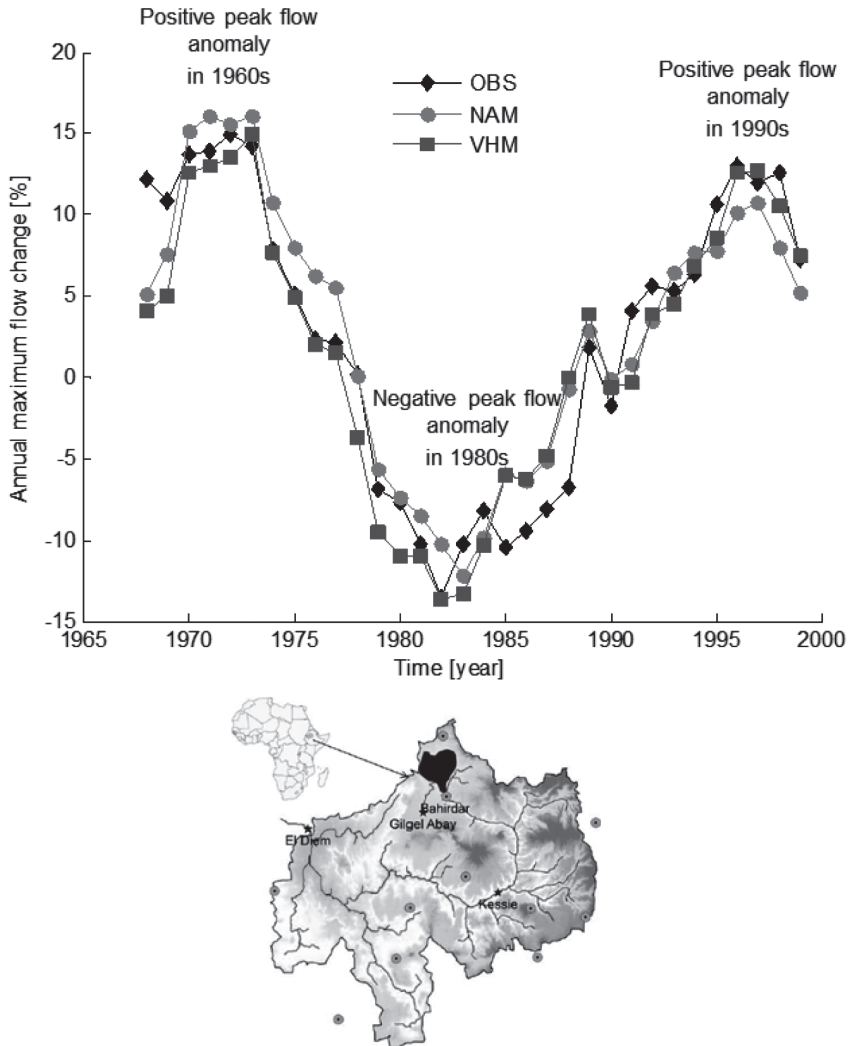


Fig. 1. — Temporal anomaly in annual maximum flow quantiles for the Blue Nile basin at Ed Deim after applying a sliding window of ten years: based on the historical flow observations (OBS) versus the results of two hydrological models (NAM and VHM) (top); location of the basin in Africa (bottom) (adopted from TAYE & WILLEMS 2013).

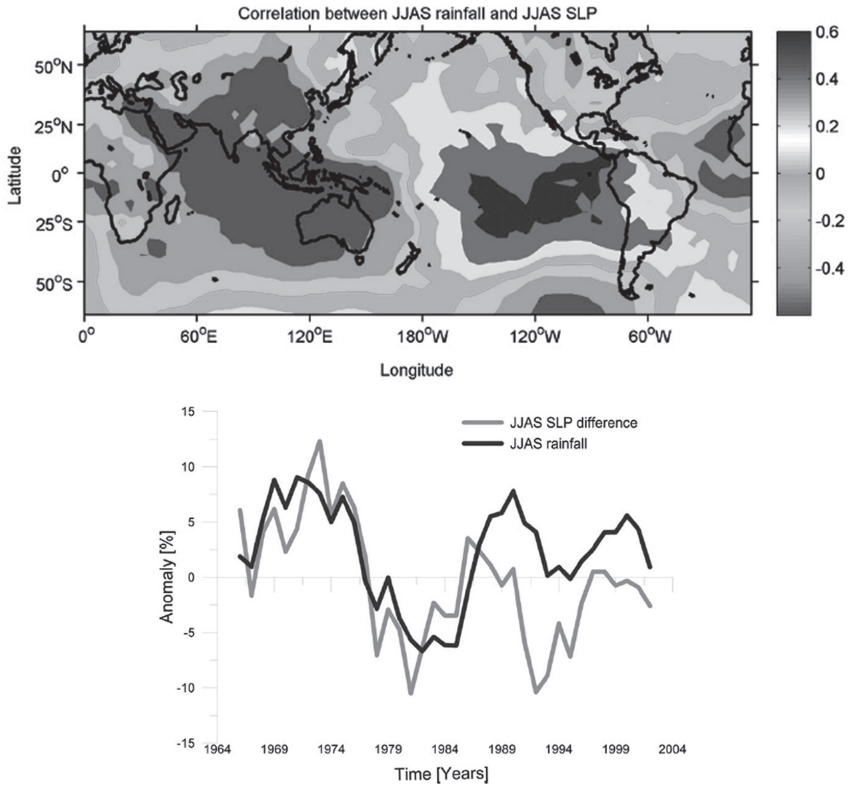


Fig. 2. — Spatial correlation between the Blue Nile basin rainfall in the months June-July-August-September and the sea-level pressure (SLP) in the Pacific and Indian Oceans (top); temporal similarity in the anomaly of extreme quantiles for the Blue Nile basin rainfall in the given months and the SLP difference between 80 W- 130 W & 5 S-5 N after applying a sliding window of five years (adopted from TAYE & WILLEMS 2013).

Note that due to the presence of these multi-decadal oscillations, one has to be careful drawing conclusions on trends based on short time periods. Positive or negative short-term trends might be detected, whereas they might simply represent increasing or decreasing flanks of longer-term oscillation waves. That such longer-term oscillations may lead to misleading conclusions can be illustrated from the results in figure 2. Some earlier research on trends in the Blue Nile basin suggested significant increasing trends in high flows as a result of deforestation or conversion of natural vegetation into agricultural cropland (GEBREMICAEL *et al.* 2013). These findings were based on shorter periods of available river flow series and remote sensing-based analysis of land-use trends where both trends coincided. As can be seen in figure 1, strong increasing trends are seen in high flow extremes when these are based on periods spanning from the 1980s till the 1990s.

The multi-decadal oscillations in precipitation and hydrological extremes may affect local populations through clustering in time of droughts leading to famines as happened in the Sahel region in the 1980s, or clustering in time of floods. At the technical level, engineering designs, which are typically based on design statistics derived from long-term time series, may be biased if they are based on short-term series. TAYE & WILLEMS (2011) proposed a method to correct this bias, starting from the correlation between the precipitation/hydrological extremes and Pacific influence, for which longer term data are available. The method is especially useful in cases where available flow records are very short in time. Figure 3 shows an example of the application of the method for another region, the Paute basin in Ecuador, where a decreasing trend in rainfall extremes over the 1970s-1980s turned out to be a decreasing flank of a longer-term oscillation wave (MORA & WILLEMS 2011). The figure shows extrapolation of the extreme rainfall anomaly till the 2000s based on two larger-scale atmospheric-oceanographic drivers that show strong correlation with the extreme rainfall over the Paute basin: the El-Niño Southern Oscillation (ENSO) index and the Amazon influence from Brazil.

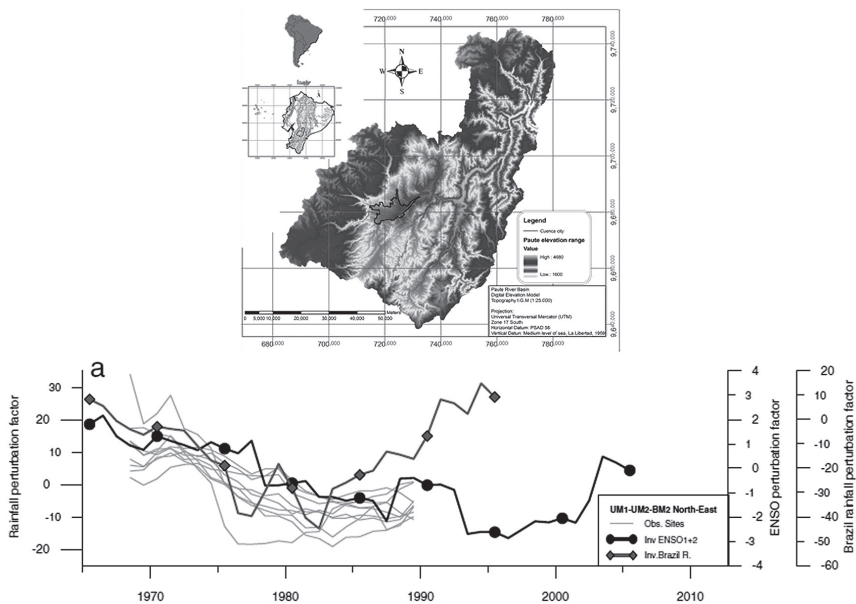


Fig. 3. — Temporal anomaly in annual precipitation quantiles for the Paute basin in Ecuador based on the observations of 1968-1989 after applying a sliding window of ten years, and comparison with the anomaly in the ENSO index and the Amazon rainfall in Brazil (bottom); location of the Paute basin in Ecuador and South America (top) (adopted from MORA & WILLEMS 2011).

Future Climate Trends

For assessing future climate changes, one obviously cannot rely on observations. Projections made by climate models are considered instead. One of the main problems in climate change impact analysis is the gap between what the climate modelling community can offer in terms of simulation results of climate models and what impact modellers need. Current global climate models (GCMs) and regional climate models (RCMs) operate at a spatial resolution (model grid size) of 100-150 km for the global models and 25-50 km for the regional models. First runs are currently being conducted at finer spatial scales of 10 km or even down to 3-4 km, but these are — for reasons of model computational times — limited to local areas. The latter can be called local area models (LAMs) and allow for individual countries or cities downscaling of GCM or RCM simulations based on the dynamic processes describing the climate system. The availability of LAMs is, however, still limited to some local areas and for few, short-duration runs. Impact analysis of climate change hence still has to rely for some years on the coarser resolution GCMs and RCMs. Further downscaling to the resolution required for the local impact study (*e.g.*, a river catchment for impact analysis on floods and water availability along rivers, a sewer catchment for impact analysis on urban drainage systems) therefore is done by means of statistical methods (statistical downscaling; *fig. 4*). This downscaling aims at removing the differences one can observe when the coarser scale climate models are compared with local observations — because of the scale difference — but in some cases there are additional differences as a result of model inaccuracies. The latter differences are typically removed by means of bias correction methods. Several statistical downscaling and bias correction methods exist; see WILLEMS *et al.* (2012) and the references therein for an overview.

Climate models typically provide simulation results for both recent historical and future climatic conditions. The results for recent historical periods are considered on the basis of climate model evaluation including potential bias quantification. The model simulation results for the future periods (*e.g.*, till 2100) can be compared with the results for the historical periods to derive climate change signals, eventually after statistical downscaling, or applied on the basis of downscaling. The historical and future periods are of lengths of about thirty years or more, given that climate can be seen as the statistics of weather conditions over several — at least three — decades. The changes from current to future climatic conditions in the climate model simulations depend on future scenarios for greenhouse gas concentrations (VAN VUUREN *et al.* 2011). *Figure 5* shows how they relate to future increases in emissions of greenhouse gases, *i.e.*, CO₂.

Given the high uncertainties that still exist in climate modelling, an ensemble modelling approach is followed where a (by preference large) set of climate

models and climate model simulations is considered. The results of each of these model simulations, after statistical downscaling and bias correction, are statistically analysed to obtain a range of future climatic conditions. This range can be summarized by a reduced set of climate scenarios. NTEGEKA *et al.* (2014) developed a method to produce so-called “tailored climate scenarios”. These are scenarios tailored towards specific types of impact investigations. For instance, for flood and drought impact studies, high/wet, mean/mild, low/dry scenarios are derived that span the ensemble range of changes in precipitation, temperature, PET, and their correlations. The high/wet scenario provides the highest hydrological/hydraulic impact results during the wet season (highest increase in peak flows and floods); the low/dry scenario the lowest flows during the dry season (strongest impact of droughts); the mean/mild scenario median impacts.

Figure 4 gives a schematic representation of the different steps applied in climate change impact studies: GCMs, for which a large ensemble of simulation runs is available in public databases, and RCMs, for which less simulations are available or none, depending on the region, are each statistically downscaled and bias corrected, and the downscaled and corrected results combined to obtain climate scenarios useful for local impact investigations. These climate scenarios are then propagated to the hydrological/hydraulic impacts by means of hydrological/hydraulic impact models. This is done by changing or “perturbing” — consistent with the scenarios — the historical meteorological time series that are used as inputs for the models. The changes applied to the input time series consist of changes in the mean annual, seasonal and monthly values, and for impact studies on extremes they moreover do consist of changes in daily values including daily extremes and for precipitation also on changes in the number of wet and dry days. A climate perturbation tool has been developed to assist in that process (NTEGEKA *et al.* 2014, VAN UYTVEN & WILLEMS 2015).

The hydrological/hydraulic impact results of the climate scenarios can be expressed in terms of changes in river peak flows, flood frequencies, low flows, cumulative volumes in the dry season, etc., or further translated into direct application dependent changes. Based on these changes, adaptation scenarios can be studied in order to limit or compensate for the climate change consequences. A few examples are given next.

For the Kabalebo river basin in Suriname, in collaboration with the Anton de Kom Universiteit of Suriname, impacts on river flows and hydropower production and potential were studied (DONK *et al.* 2013). In that basin, a new reservoir and dam (Avanavero dam) are planned. To reach the demand of 290 MW dispatchable power, a reservoir outlet discharge of 530 m³/s at 56 m head for the Avanavero dam is required. Based on the PRECIS regional climate model projections, drier conditions are projected by 2070-2099, leading to a reduced inflow volume in the reservoir and a potential decrease of 30 to 40 MW. This decrease can be compensated by a more optimal regulation of the diversion flow to

the reservoir in accordance with the power needs. Diversion is planned for the Lucie river that currently drains into the Upper Corantijn river, but that can be diverted to provide inflow in the Avanavero dam reservoir (fig. 6).

For the Central Altiplano area in Bolivia (fig. 7), and in collaboration with the Universidad de San Andrés at La Paz, the impact on water availability was studied on the basis of six climate models (MURILLO 2014). Results conclude on a temperature increase up to more than 5°C by the 2090s, corresponding glacier melting, increased rainfall in the wet season, but no significant rainfall change in the dry season, and a warmer climate with a reduced number of frost days. This may have severe agricultural impacts with a decreasing irrigation potential causing increased water stress and reduced yield production of agricultural crops such as quinoa. The average cropping cycle may reduce up to 1-1.5 months, leading to accelerated crop development and reduced yield production. This in combination with the increased water stress leads to reduced crop yield in the Central Altiplano of 0.1- 0.2 Mg/ha. Adaptation options are changes in the sowing date, the use of varieties with longer growing cycle to get higher yields and the installation of deficit irrigation to increase irrigation efficiency (GEERTS & RAES 2009).

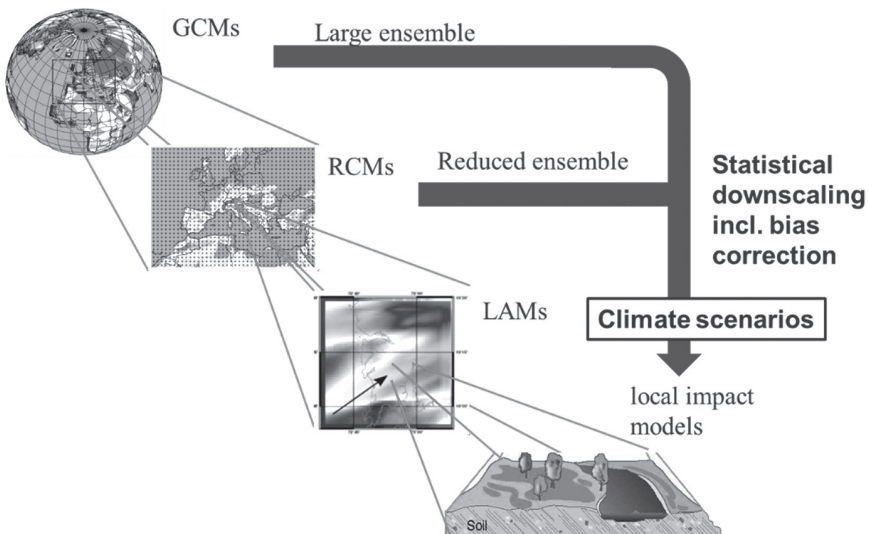


Fig. 4. — Climate scenarios are based on statistical downscaling of global and regional climate model simulations.

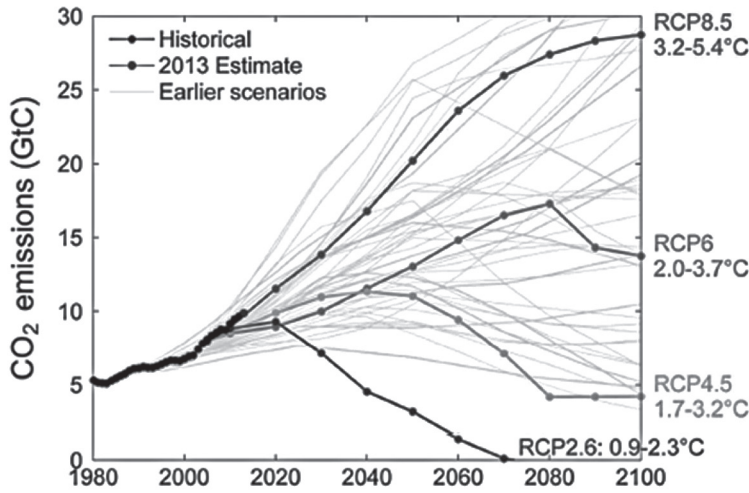


Fig. 5. — Future greenhouse gas scenarios and corresponding global CO₂ emissions and global average temperature rise till 2100. The historical global CO₂ emissions are shown as well (source: PETERS *et al.* 2013).

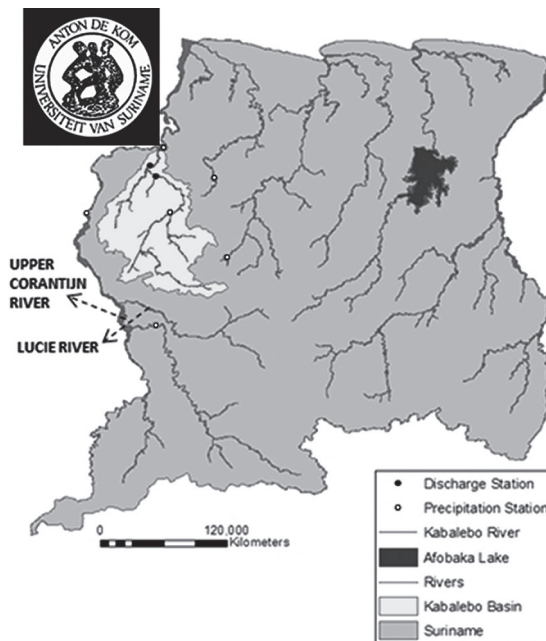


Fig. 6. — Location of the Kabalebo river basin in Suriname and the diversion planned for the Lucie river.

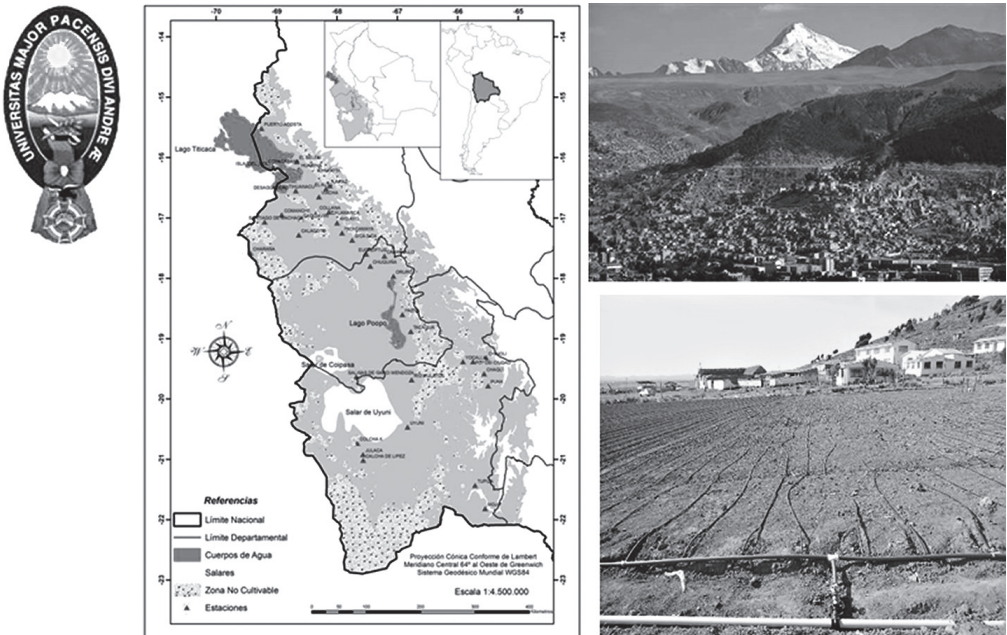


Fig. 7. — Location of the Central Altiplano in Bolivia and South America (left); the glacial mountain above La Paz (top right); crop production by deficit irrigation (bottom right).

For the Blue Nile basin in Ethiopia (see fig. 1), the impact on catchment run-off was assessed by means of twenty-three climate models (TAYE *et al.* 2011). Taking the Lake Tana catchment as an example (fig. 8) and the 2050s as future period, annual rainfall for that catchment was found to decrease down to about -30% by that period, the annual temperature to increase up to $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$, and the annual evapotranspiration to increase by up to about $+8\%$. Impact simulations in hydrological models have concluded that these changes may lead to increasing river peak flows up to about $+80\%$, decreasing low flows down to -60% , and decreasing annual run-off and run-off totals in the main rainy season down to -20% . In summary (see also TAYE *et al.* 2015), more hydrological extremes will occur, with more floods in the wet seasons and lower water availability in the dry seasons. The latter may lead to severe consequences not only for the rain-fed agriculture in the Blue Nile basin in Ethiopia itself, but also further downstream in the Nile basin (Sudan and Egypt, e.g., reduced Lake Nasser inflow), which requires further investigation. Note that the Nile basin is very sensitive to climatic variations (CONWAY 2005, BEYENE *et al.* 2010) implying that climate change will have a considerable impact, also because the basin is already under immense pressure due to various competitive uses as well as social, political and legislative conditions (WILLEMS *et al.* 2010).

For the Lake Victoria basin (upper White Nile region) in eastern Africa, the same twenty-three climate models as studied for the Blue Nile basin, concluded increasing annual run-off totals up to more than 100 %, increasing peak flows and more floods (TAYE *et al.* 2011). This is due to rainfall increase, which is not fully compensated by the increase in evapotranspiration as a consequence of the rising temperature. For the catchment of the Nyando river (fig. 8), for example, annual rainfall increase up to about + 100 % was found by the 2090s, and annual evapotranspiration increase up to about + 20 %, and increase in rainfall extremes up to 90 %. These increasing flows are of major concern for water management decision purposes as the Nyando catchment is already prone to major flood-related socio-economic problems.

For the lake Victoria itself, a more recent study in collaboration with the Makerere University in Uganda based on twenty-six newest generation climate models indicated an increase in rainfall extremes up to 40 % by the 2080s and an increase in annual rainfall up to 20 % (AKURUT *et al.* 2014). A study on how this influences the river catchment inflows in the lake, the lake evaporation, the lake water balance and levels is still ongoing. Also the impact on the physico-chemical lake water quality along bays in the lake are being studied.

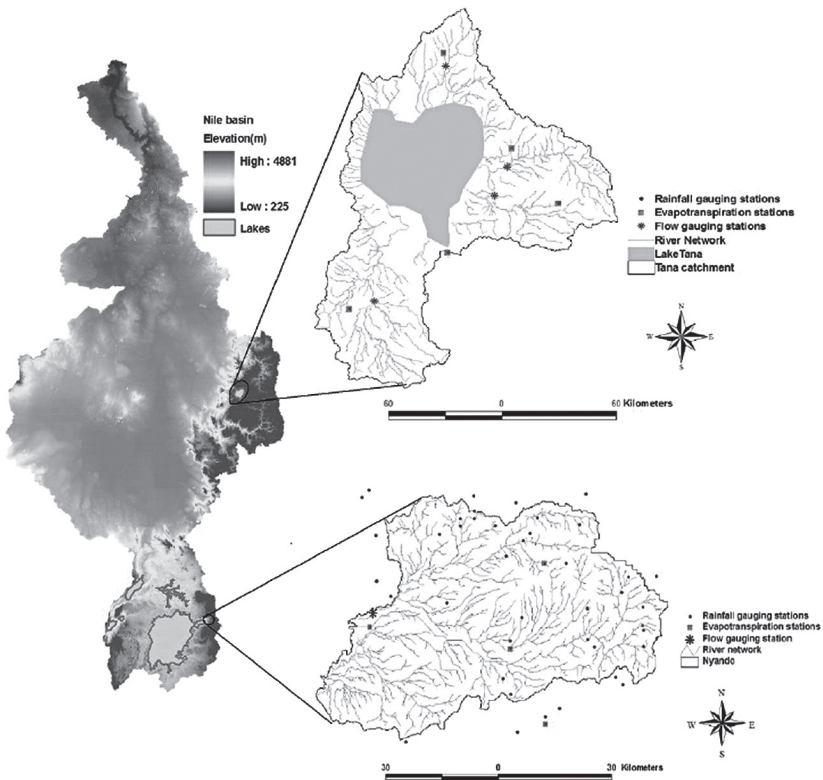


Fig. 8. — The Lake Tana and Nyando catchments in the Nile basin.

For the Paute basin in Ecuador (see fig. 3), the impact on the catchment run-off was derived in cooperation with the Universidad de Cuenca based on twenty-three climate models, concluding an annual temperature increase of about $+2^{\circ}\text{C}$ by the 2050s, smaller changes for the warm months, higher changes for the cold months, annual rainfall increase, less wet days, larger rainfall intensities on these wet days, leading to more severe hydrological extremes (MORA *et al.* 2014). Impact investigations had to account for the unique hydrological characteristics such as the tropical alpine grasslands (Páramo) in the upper part of the basin (fig. 9). Peak run-off flows increase up to about $+30\%$ and low run-off flows go down to about -50% . This leads in summary to more floods and land erosion problems (fig. 9) in the wet seasons and less water availability in the dry seasons.

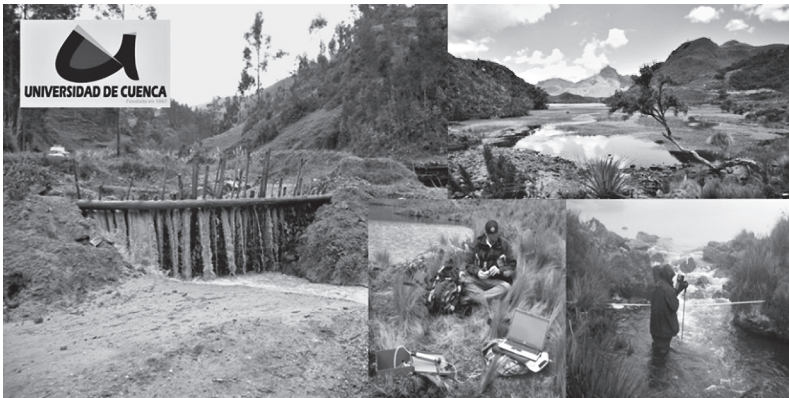


Fig. 9. — Sediment trap (left); the unique Páramo wetlands (top right); measurements (bottom right) along rivers in the Paute basin in Ecuador.

For the Tarim basin in northwest China (fig. 10), impact on catchment run-off, river flows, groundwater heads and consequences were derived from thirty-six climate model simulations in collaboration with colleagues from VITO, the Xinjiang Institute for Ecology and Geography (XIEG), the Tarim Water Resources Management Bureau, and the Xinjiang Meteorological Administration. Water resources in the Tarim basin mainly originate from the headwater basins as a result of rainfall in the summer season, snowfall in the winter season, snow melting in spring and perennial glacier melting in summer. Detailed study of one of the headwater basins — the Kaidu river basin (LIU *et al.* 2011) — concluded increases in high flow extremes up to $+15\%$ by the 2050s. This is explained by the monthly rainfall increases in the winter season up to about $+40\%$ by the 2050s, but very slightly decreases in the summer season (close to 0%). Monthly temperature increases up to $+3^{\circ}\text{C}$, leading to an increase of the

discharge that originates from the mountainous area in winter. Also, due to the increased temperature, more precipitation remains in liquid form, and the snow-melting period shifts earlier in time by around one month. These two phenomena in combination with an increase of the rainfall extremes up to 100 %, only partly compensated by an increase in evapotranspiration, lead to the increase in high flows. These changes in the Tarim basin flows have already been observed. Also the total water resources are slightly increasing at the expense of a shrinking of the glacier areas due to climate change in the past decades (LI & WILLIAMS 2008, XU *et al.* 2007). There is a careful follow-up of these trends because of the poor ecological situation in the Tarim basin, which has seriously declined since the early 1950s due to overconsumption of irrigation water and unreasonable hydrological conditions (HAN & LUO 2010). Plans to restore the ecological system and to develop the basin's water resources in a more sustainable way have been worked out (HUANG *et al.* 2010).

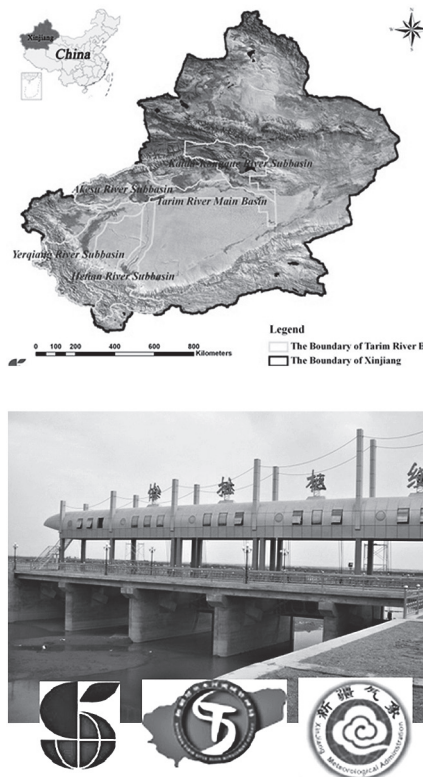


Fig. 10. — The location of the Tarim basin in the Xinjiang Province of northwest China (top); flow regulation along its rivers (bottom).

Adaptation Strategies

Analysis of the historical and future (multi-)decadal natural climate variations and trends leads to insights into the temporal changes of meteorological and related hydrological conditions. These consist of gradual long-term trends as a result of the increase in greenhouse gases (anthropogenic climate change) and shorter-term climatic oscillations at (multi-)decadal time scales as we learn from the historical analysis. Water management strategies and water systems need to be sufficiently robust such that they can cope with the oscillations, and adaptation strategies need to be set up in case of climate trends with severe negative consequences. The design of such strategies is, however, not easy, given that the precise future impacts of climate change are not known. The ensemble approach and related climate scenarios provide a range of potential, plausible future impacts. Note that for most impact results reported in this text, a range was given of changes “up to” or “down to” a given level. For most impacts, the type/sign of change (“increasing” or “decreasing”) is known as well as the order of magnitude assessment of the range within which the change is expected with high likelihood. This assessment is based on the current scientific knowledge, but will of course evolve over time.

Because the precise impact magnitudes are not known, the uncertainty in the future climate projections and impact propagations need to be taken into account in the climate adaptation planning. This can be done by looking for sustainable solutions, which means solutions that are effective in any of the climate scenarios. One has to avoid that solutions will be implemented that one may regret in the future depending on how the climate will evolve. Climate scenarios help in getting an idea of how the future might look, hence help in designing sustainable, “no-regret” strategies, also called “climate-proof” strategies. Moreover, rather than designed static solutions, as is often done in engineering communities, flexible solutions can be worked out. These are solutions that can be further adapted in the future in a cost-efficient way depending on how the climate will evolve.

Examples of sustainable, no-regret solutions to cope with flooding are source control, giving space to water along rivers, restoration of natural floodplains, increasing the self-coping capacity of people, having an efficient forecasting, warning and flood control system in place, etc. An example of a flexible solution is the installation of flood control reservoirs with storage capacity based on the current needs, but where the possibility is already foreseen to further extend this capacity depending on future needs. Examples of solutions to cope with reduced water availability in dry seasons is the installation of deficit irrigation or other means to increase irrigation efficiency, the installation of multipurpose reservoirs, infiltration of rainwater in green, open areas or infiltration devices, etc., depending on the precise conditions and water supply issue. Examples of flexibility in solutions are in this case flexibility in the sowing date, flexibility in the use of crop varieties with different growing cycle, etc.

Of course, what is also important in the light of the uncertainty is to carefully follow up the future climatic trends and to improve climate model projections as well as hydrological/hydraulic impact model predictions. In this, one can come to an efficient model-based impact analysis and decision support in water engineering, management and planning under uncertain future climatic conditions and come to a climate-proof decision-making and risk management.

Conclusions

Analysis of (multi-)decadal natural climate variations and trends leads to new insights in the temporal clustering of extreme meteorological and hydrological conditions such as floods and droughts. These insights are of importance in support of water engineering decision-making and water resources management and planning. Examples from contrasting environments are provided in the paper.

New methods for the analysis of (multi-)decadal variations and trends in extremes were developed. After their merits were demonstrated for applications in Belgium, they also have been successfully applied in many overseas regions. In this paper, results are shown for the river Nile basin in Africa, and river catchments in Suriname, Ecuador, Bolivia and northwest China.

Results show temporal clustering of precipitation and related river flow extremes over (multi-) decadal time periods due to climate oscillations. For the Blue Nile basin, for instance, oscillation high periods with a clustering of flood conditions were found for the 1960s-1970s and 1990s and an oscillation low period with water scarcity conditions for the 1980s. They were explained by larger-scale atmospheric-oceanographic conditions, which may be used to unbiased water engineering design statistics if they are based on short available time series data. Climate oscillations may also lead to specious conclusions on the presence of precipitation/hydrological trends, or even on the causes of these trends as the example of the Blue Nile has shown.

For the future changes due to anthropogenic climate change, one has to rely on the results of global and regional climate models. Because these models are too coarse for providing inputs at the spatial scales required for hydrological/hydraulic impact analyses, further downscaling is performed based on statistical methods. Because of the high uncertainties in the future projections of climate change, these uncertainties should be quantified and accounted for. This can be done by applying an ensemble approach where the set of available climate models and climate model simulations are statistically processed to obtain a reduced set of climate scenarios.

Impact results for the different overseas regions show that anthropogenic climate change in general leads to more and increased hydrological extremes as floods and/or droughts, but there are very strong regional differences. They form the basis for the identification of most efficient (climate-proof) water

management strategies. Such identification needs to take the large uncertainty in the future climate projections into account and opt for sustainable and flexible/adaptable solutions.

ACKNOWLEDGEMENTS

The case study results presented in this paper were obtained within the scope of several development cooperation projects: the FRIEND/Nile project of UNESCO-IHP and the Flanders in Trust programme, the VLIR-IUC project “Sustainable management of natural resources” at the Anton De Kom Universiteit of Suriname, the VLIR Own Initiative on “Master in Irrigation Engineering”, the joint Sino-Belgian project on “Support of integrated water resources management by hydrological modelling and remote sensing of arid and semi-arid ecosystems in the Tarim basin” supported by the Belgian Science Policy Office and the MOST programme of the Chinese Academy of Sciences, the KU Leuven DBOF scholarship for Meron Teferi Taye, the KU Leuven SBA scholarship for Diego Mora, and the VLIR ICP PhD scholarship for Mary Akurut.

This overseas science cooperation took the form of joint research, exchange of expertise and skills, tailoring of methods to regional conditions and capacity building, but also through educational support. The following Master programmes were supported and set up:

- At KU Leuven & VUB: Interuniversity Master Programme in Water Resources Engineering (IUPWARE);
- At Moi University, Kenya: set up of Master in Water Engineering (VLIR-IUC);
- At Anton de Kom Universiteit, Suriname: set up of Master in Sustainable Management of Natural Resources (VLIR-IUC);
- At Universidad San Andrés, La Paz, Bolivia: set up of Master in Irrigation Engineering (VLIR-OI).

REFERENCES

- AKURUT, M., WILLEMS, P. & NIWAGABA, C. B. 2014. Potential impacts of climate change on precipitation over Lake Victoria, East Africa, in the 21st Century. — *Water*, **6**: 2634-2659.
- BEYENE, T., LETTENMAIER, D. P. & KABAT, P. 2010. Hydrologic impacts of climate change on the Nile River basin: Implications of the 2007 IPCC scenarios. — *Climatic Change*, **100**: 433-461.
- CONWAY, D. 2005. From headwater tributaries to international river: Observing and adapting to climate variability and change in the Nile Basin. — *Global Environmental Change*, **15**: 99-114.
- DONK, P., WILLEMS, P. & NURMOHAMED, R. J. 2014. Modeling the impact of climate change on the hydropower potential of the Kabalebo river basin in Suriname. — *Academic Journal of Suriname*, **5**: 439-455.
- GEBREMICAEL, T. G., MOHAMED, Y. A., BETRIE, G. D., VAN DER ZAAG, P. & TEFERI, E. 2013. Trend analysis of runoff and sediment fluxes in the upper Blue Nile basin: A combined analysis of statistical tests, physically-based models and land-use maps. — *Journal of Hydrology*, **482**: 57-68.

- GEERTS, S. & RAES, D. 2009. Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. — *Agricultural Water Management*, **96**: 1275-1284.
- HAN, C. X. & LUO, H. 2010. Study on the development level of population-cultivated land system in the area of Tarim mainstream. — *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, **38**: 4744-4747.
- HUANG, Y., CHEN, X., LI, Y. P., WILLEMS, P. & LIU, T. 2010. Integrated modeling system for water resources management of Tarim river basin. — *Environmental Engineering Science*, **27**: 255-269.
- IPCC 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. — In: STOCKER, T. F., QIN, D., PLATTNER, G.-K., TIGNOR, M., ALLEN, S. K., BOSCHUNG, J., NAUELS, A., XIA, Y., BEX, V. & MIDGLEY, P. M. (Eds.). Cambridge, United Kingdom and New York, Cambridge University Press.
- IPCC 2014. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. — In: CISNEROS, B. E. J., OKI, T., ARNELL, N. W., BENITO, G., COGLEY, J. G., DOLL, P., JIANG, T., MWAKALILA, S. S., FISCHER, T., GERTEN, D., HOCK, R., KANAE, S., LU, X., MATA, L. J., PAHL-WOSTL, C., STRZEPEK, K. M., SU, B. & VAN DEN HURK, B. (Eds.). Cambridge, United Kingdom and New York, Cambridge University Press.
- LI, X. G. & WILLIAMS, M. W. 2008. Snowmelt runoff modelling in an arid mountain watershed, Tarim Basin, China. — *Hydrological Processes*, **22**: 3931-3940.
- LIU, T., WILLEMS, P., PAN, X. L., BAO, A. M., CHEN, X., VEROUSTRATE, F. & DONG, Q. H. 2011. Climate change impact on water resource extremes in a headwater region of the Tarim basin in China. — *Hydrology and Earth System Sciences*, **15**: 3511-3527.
- MORA, D. & WILLEMS, P. 2011. Decadal oscillations in rainfall and air temperature in the Paute River Basin – Southern Andes of Ecuador. — *Theoretical and Applied Climatology*, **108** (1): 267-282.
- MORA, D. E., CAMPOZANO, L., CISNEROS, F., WYSEURE, G. & WILLEMS, P. 2014. Climate changes of hydrometeorological and hydrological extremes in the Paute basin, Ecuadorean Andes. — *Hydrology and Earth System Sciences*, **18**: 1-18.
- MURILLO, G. A. 2014. Simulation of quinoa production (Aquacrop) with generated future climate scenarios (LARS-WG and QPM) in the Bolivian Altiplano. — Master dissertation, Master of Water Resources Engineering (IUPWARE), KU Leuven & VUB.
- NTEGEKA, V. & WILLEMS, P. 2008. Trends and multidecadal oscillations in rainfall extremes, based on a more than 100 years time series of 10 minutes rainfall intensities at Uccle, Belgium. — *Water Resources Research*, **44**: W07402.
- NTEGEKA, V., BAGUIS, P., ROULIN, E. & WILLEMS, P. 2014. Developing tailored climate change scenarios for hydrological impact assessments. — *Journal of Hydrology*, **508C**: 307-321.
- PETERS, G. P., ANDREW, R. M., BODEN, T., CANADELL, J. G., CIAIS, P., LE QUERE, C., MARLAND, G., RAUPACH, M. R. & WILSON, C. 2013. The challenge to keep global warming below 2°C. — *Nature Climate Change*, **3**: 4-6.
- TAYE, M. T. & WILLEMS, P. 2011. Influence of climate variability on representative QDF predictions of the upper Blue Nile Basin. — *Journal of Hydrology*, **411**: 355-365.

- TAYE, M. T. & WILLEMS, P. 2012. Temporal variability of hydro-climatic extremes in the Blue Nile basin. — *Water Resources Research*, **48**: W03513.
- TAYE, M. T. & WILLEMS, P. 2013. Identifying sources of temporal variability in hydrological extremes of the upper Blue Nile basin. — *Journal of Hydrology*, **499**: 61-70.
- TAYE, M., WILLEMS, P. & BLOCK, P. 2015. Implications of climate change on hydrological extremes in the Blue Nile basin: A review. — *Journal of Hydrology: Regional Studies*, **4**: 280-293.
- TAYE, M. T., NTEGEKA, V., OGIRAMOI, N. P. & WILLEMS, P. 2011. Assessment of climate change impact on hydrological extremes in two source regions of the Nile River Basin. — *Hydrology and Earth System Sciences*, **15**: 209-222.
- VAN UYTVEN, E. & WILLEMS, P. 2015. Climate Perturbation Tool – Manual (15 pp.).
- VAN VUUREN, D. P., EDMONDS, J., KAINUMA, M., RIAHI, K., THOMSON, A., HIBBARD, K., HURTT, G. C., KRAM, T., KREY, V., LAMARQUE, J.-F., MASUI, T., MEINSHAUSEN, M., NAKICENOVIC, N., SMITH, S. J. & ROSE, S. K. 2011. The representative concentration pathways: An overview. — *Climatic Change*, **109**: 5-31.
- WILLEMS, P. 2013. Multidecadal oscillatory behaviour of rainfall extremes in Europe. — *Climatic Change*, **120** (4): 931-944.
- WILLEMS, P., OLSSON, J., ARNBJERG-NIELSEN, K., BEECHAM, S., PATHIRANA, A., BULOW GREGERSEN, I., MADSEN, H. & NGUYEN, V.-T.-V. 2012. Impacts of climate change on rainfall extremes and urban drainage. — IWA Publishing, 252 pp.
- WILLEMS, P., OGIRAMOI, N. P., MUTUA, F., ABDO, G., KABUBI, J., FAHMI, A. H., SONBOL, M., LOTFY, A., KIMARO, T. A., MKHANDI, S., OPERE, A., IBRAHIM, Y. A., KIZZA, M., TADESSE, L., ABDEL MOTALEB, M., FARID, S., ZAKI, A. & AL-WESHAH, R. 2010. Regional Flood Frequency Analysis for the River Nile Basin. — *Bull. Séanc. Acad. R. Sci. Outre-Mer / Meded. Zitt. K. Acad. Overzeese Wet.*, **55** (4): 555-570.
- XU, C. C., CHEN, Y. N., LI, W. H. & CHEN, Y. P. 2007. Climate change and its impact on snow cover area in the Tarim river basin over the last 45 years. — *Journal of Glaciology and Geocryology*, **29**: 183-191.

In memoriam

Michel GRAULICH

(Orroir, 26 décembre 1944 – Evere, 10 février 2015)



Singulier et exceptionnel, le parcours de Michel Graulich lui a valu une renommée internationale. Il était devenu l'un des meilleurs spécialistes du Mexique ancien, et tout particulièrement de la religion aztèque, dont il a contribué de façon décisive à faire progresser notre compréhension.

Le 26 décembre 1944, alors que la Bataille des Ardennes fait rage, Michel Graulich naît à Orroir, entre les pentes du Mont-de-l'Enclus et les rives de l'Escaut. Situé à l'époque en Flandre occidentale, ce petit village ne sera rattaché au Hainaut que bien plus tard par la loi qui fixera la frontière linguistique. Ses origines feront de lui un parfait bilingue qui, ses

études secondaires en néerlandais au très réputé Sint-Amandscollege à Courtrai terminées, s'inscrit à l'Université de Gand en histoire de l'Antiquité. Il consacre son mémoire de fin d'études aux vers en latin d'un poète et évêque du VI^e siècle, Venance Fortunat, surtout connu pour deux hymnes qui sont entrés dans la liturgie. Michel Graulich en gardera le goût de la messe en latin.

Mais, passionné par l'Amérique précolombienne depuis qu'il a une dizaine d'années, il décide de poursuivre ses études en histoire de l'art et archéologie non européenne à l'Université Libre de Bruxelles, seule université belge où ce domaine est enseigné.

Parallèlement — car il faut bien gagner sa vie —, profitant de son bilinguisme et de ses capacités d'analyse et de synthèse, il entre au service chargé du compte rendu analytique des séances du sénat, activité qu'il poursuivra conjointement à sa carrière scientifique jusqu'à sa retraite. A la même époque, il améliore aussi l'ordinaire en traduisant en français trois ouvrages américains de psychologie.

Bénéficiant d'un certain nombre de dispenses, il achève en trois ans, en 1970, sa licence en histoire de l'art et archéologie par un mémoire consacré à un thème qui le fascine et le fascinera toute sa vie: «Les sacrifices humains chez les Aztèques de Mexico». Deux ans après, il devient assistant mi-temps de notre regrettée consœur Annie Dorsinfang-Smets, et c'est sous sa direction qu'il entreprend une thèse de doctorat sur le sacrifice humain.

C'est également à cette époque que nous sommes devenus amis, puisque, comme lui, j'entrepris alors une thèse dans la même «sous-section des arts non européens», mais en me tournant vers l'Afrique, domaine où régnait Luc de Heusch. Celui-ci venait de publier le premier de ses ouvrages sur les «Mythes et rites bantous» et nous avait enseigné avec passion la méthode structuraliste développée par Claude Lévi-Strauss pour l'analyse des mythologies amérindiennes, et par Georges Dumézil pour celles du monde indo-européen. L'originalité de la démarche de L. de Heusch consistait à suppléer à la relative pauvreté des mythes bantous par une analyse serrée de leurs rites, puis de mettre cela en rapport avec leurs mythes.

Pour sa thèse, Michel Graulich entreprend de récolter et d'analyser en profondeur les données disponibles sur les sacrifices humains que l'on pratiquait à l'occasion des fêtes des vingtaines, c'est-à-dire les fêtes correspondant aux «mois» de vingt jours, au nombre de dix-huit, du calendrier aztèque. Constatant qu'un certain nombre de noms des vingtaines et les fêtes qui y étaient associées forment un ensemble structuré qui fait manifestement référence à des phénomènes saisonniers, comme l'alternance entre saisons des pluies et saisons sèches, il eut alors une intuition d'une portée considérable.

Comme ces fêtes et leurs rites, lorsqu'ils furent décrits par les Espagnols au XVI^e siècle, ne coïncidaient pas avec les saisons, il émit l'hypothèse que l'année aztèque de trois cent soixante-cinq jours (dix-huit fois vingt jours plus cinq épagomènes), à défaut d'ajustements réguliers (fonction que remplissent nos années bissextiles), s'était progressivement décalée au rythme d'un jour tous les quatre ans. Il n'eut dès lors aucun mal à calculer que les fêtes et les événements saisonniers et agricoles célébrés avaient dû coïncider pour la dernière fois en 682 de notre ère. Si on remontait ainsi dans le temps, la logique sous-jacente à ce vaste ensemble se révélait soudain et tout prenait alors une signification nouvelle qui en renforçait encore la cohérence.

Un vaste champ d'étude s'ouvre alors à lui. Il modifie en conséquence ses recherches doctorales pour les consacrer aux «Mythes et rites des vingtaines du Mexique central préhispanique» dont il livrera une réinterprétation magistrale couronnée en 1980, après huit ans d'un travail intensif, par le titre de docteur.

L'année académique suivante, il reprend les cours d'histoire de l'art et archéologie de l'Amérique que donnait Annie Dorsinfang-Smets. Deux ans plus tard, il se verra aussi attribuer, à l'Institut d'Histoire des Religions et de la Laïcité de l'ULB, deux cours plus généraux sur l'histoire des religions, malgré les réticences de quelques laïcs convaincus.

Débutent alors des années extraordinairement fécondes consacrées à l'analyse comparative et détaillée de l'ensemble des mythes des anciens Mexicains disponibles. A partir de ce corpus dont il acquiert une connaissance inégalée, il va pouvoir proposer des interprétations tout à fait novatrices de nombreux rituels, en les mettant en rapport avec les mythes.

Je me souviens de son enthousiasme communicatif à chaque étape des nouvelles découvertes qu'il faisait et de nos vives discussions à propos de la méthode structurale dont il récoltait les fruits. Curieusement, il restera cependant toujours un peu réticent vis-à-vis d'une démarche dont parfois le manque de rigueur le mettait manifestement mal à l'aise. Cela ne l'empêchait pas de se plonger avec délice dans la complexité des systèmes de pensée des civilisations précolombiennes et de leur religion et d'en offrir, sur la base d'une approche comparative, une lecture qui a révolutionné notre compréhension. Son approche était tellement novatrice qu'elle mettra d'ailleurs, à sa grande frustration, un certain temps à être acceptée par les cénacles américains et mexicains.

Sa thèse sera couronnée par l'Académie royale de Belgique, et celle-ci va en publier en 1987 la première partie sous le titre «Mythes et rituels du Mexique ancien préhispanique». Cet ouvrage sera suivi de nombreuses autres publications. Sa renommée grandissante lui vaut d'être nommé, en 1990, directeur d'études à la prestigieuse Ecole pratique des Hautes Etudes à Paris, où il enseignera pendant une quinzaine d'années. Tant à Paris qu'à Bruxelles, ses enseignements ont marqué des générations d'étudiants, par sa maîtrise des sources, l'ingéniosité de ses raisonnements alliée à une grande rigueur et un esprit critique toujours en éveil.

Il n'est pas possible d'énumérer ici ses nombreux ouvrages et ses plus de cent cinquante articles consacrés non seulement aux rites et mythes de l'Amérique ancienne, mais aussi à ses arts dont il fut également un grand connaisseur. Il a en effet enseigné cette matière à l'ULB durant des décennies, publiant deux ouvrages généraux sur les arts précolombiens, l'un centré plus particulièrement sur ceux d'Amérique centrale, l'autre sur ceux des Andes.

Outre l'étude de quelques œuvres remarquables conservées dans des musées et des collections privées en Belgique, il s'est surtout attaché à l'étude du Grand Temple de Tenochtitlan et de la sculpture aztèque monumentale. Sa connaissance des rites et mythes lui a permis d'en analyser l'iconographie complexe, d'en proposer de nouvelles identifications, d'en suivre l'évolution stylistique et ainsi de suggérer une série de datations plus précises. De la même façon, il a contesté la chronologie des différentes phases de construction de la grande pyramide de Tenochtitlan, dont il pensait l'origine plus ancienne que ce qui est généralement admis. Il a montré de façon convaincante que cette pyramide symbolisait parfaitement le dualisme de la pensée mésoaméricaine, concept fondamental qui structure l'univers mythique de cette civilisation.

D'une façon plus générale, Michel Graulich a analysé en détail les nombreux aspects de ce dualisme qui résulte de la rupture entre ciel et terre après la faute originelle. Il a montré que cette disjonction des contraires retrouvait un équilibre par l'alternance du jour et de la nuit et de leurs homologues, la saison sèche et la saison des pluies. Finalement, selon lui, que ce soit un jour, un soleil, une ère, une vie d'homme ou l'histoire d'un peuple, ils sont toujours conçus sur le même modèle du jour, et donc de «l'alternance de la lumière et de l'obscurité, d'une

montée au zénith, d'un déclin et d'une descente au nadir». Il en résulte une succession de cycles qui organisent ainsi le temps et l'espace de ces civilisations.

Relevons encore dans son abondante bibliographie l'ouvrage qu'il consacre en 1994, chez Fayard, à «Montezuma ou l'apogée et la chute de l'empire aztèque». Se basant sur les sources disponibles pour reconstituer la conquête par Cortez, principalement les récits des Espagnols qui l'accompagnaient, et les écrits des Indiens et des missionnaires de l'époque coloniale, Michel Graulich nous dépeint la vie quotidienne, religieuse et militaire des Aztèques à la veille de leur capitulation. Il montre aussi que, face à la rapacité des conquistadors, Montezuma, loin d'être un lâche, tenta par tous les moyens à sa disposition, y compris symboliques, de leur résister.

En 2005, enfin, il publie, chez le même éditeur, sa somme sur «Le sacrifice humain chez les Aztèques», point d'orgue d'une enquête entreprise quelque trois décennies plus tôt. Il y développe l'idée qu'aux yeux des Aztèques, le sacrifice humain représentait un châtement pour une série de transgressions commises par des dieux et des animaux. Il montre aussi que les sacrificateurs étaient symboliquement identifiés aux sacrifiés, guerriers prisonniers ou esclaves, tout en recueillant prestige et gloire, et que cela contribuait ainsi indirectement à la cohésion sociale.

Michel Graulich était devenu membre de la Classe des Sciences humaines de notre Académie en 1989. Promu membre titulaire quatre ans plus tard, il en fut aussi président pour l'année 1998.

Avec lui, notre Compagnie a perdu ce 10 février 2015 un chercheur et un professeur hors norme, mondialement connu dans un domaine qu'il a fondamentalement transformé. Ses nombreux anciens élèves, collègues, confrères, amis garderont de lui aussi le souvenir d'une force tranquille, alliant bienveillance et ironie, humour et timidité. Sa réserve apparente et son traditionalisme cachaient une réelle sensibilité et une insatiable curiosité portées par des convictions bien ancrées. Elles lui permirent d'aller avec courage et détermination à contre-courant de bien des idées reçues, et de nous dévoiler ainsi toute la richesse et la sophistication des systèmes de pensée des anciens Amérindiens.

Pierre DE MARET

Marthe ENGELBORGHs-BERTELS

(Koekelberg, Bruxelles, 29 février 1928 – Bruxelles, 22 février 2015)

Madame Marthe Engelborghs-Bertels fut une de nos plus éminentes sinologues, car c'est bien à la Chine qu'elle consacra la plus grande partie de sa carrière universitaire. Pourtant, rien ne la destinait au départ à s'intéresser à ce pays.

Licenciée en sciences politiques en 1950 avec grande distinction à l'Université Libre de Bruxelles (ULB), ce furent d'abord les problèmes européens qui retinrent son attention. Elle s'inscrivit donc au Collège d'Europe à Bruges et en sortit diplômée en 1953. Elle effectua ensuite des stages au Conseil de l'Europe. Ses activités professionnelles l'amènèrent tout d'abord au service de l'enseignement technique de l'Administration provinciale du Brabant (janvier 1951-septembre 1952), puis au service des études de placement à la Banque de la Société générale de Belgique (janvier 1954-octobre 1955). Mais son parcours professionnel allait bientôt prendre une tout autre direction. En effet, elle fut engagée comme chargée de recherches à l'Institut de Sociologie de l'ULB en 1955. Dès lors, ce fut dans le secteur universitaire que définitivement elle allait poursuivre sa carrière. Cependant, là aussi ses premiers travaux ne portèrent pas sur l'outre-mer, mais sur une étude sociographique de la localité de Mont-Saint-Guibert (village du Brabant wallon) qu'elle publia en 1958 avec Yvonne Verdussen.

Ce qui devint le pôle essentiel de ses recherches et de ses enseignements remonte à 1957, année au cours de laquelle elle fut affectée au Centre d'études des pays de l'Est, toujours à l'Institut de Sociologie. Le programme de ce centre, créé en 1956, portait notamment sur des enquêtes et des études théoriques ou appliquées, relatives au passé historique ou à la période contemporaine, situées soit dans les pays de l'Est européen, soit dans ceux de l'Asie de l'Est. Il comportait également l'organisation de débats, de colloques, de conférences traitant de ces thématiques dans ces mêmes régions et assurait la publication des travaux du centre et éventuellement d'études privées. Marthe Engelborghs y trouva l'environnement adéquat et la région du monde sur laquelle se focalisa désormais son intérêt scientifique, et ce avec une énergie et un enthousiasme qui ne se démentirent jamais. Témoigne de cet engouement son apprentissage du chinois qu'elle commença durant l'année 1959 et qu'elle continua à approfondir jusqu'en 1966.

Elle entama ses travaux sur la Chine en apportant sa collaboration au professeur René Dekkers qui assumait alors la gestion du centre où elle fut chargée de diriger les recherches concernant ce pays. Elle entreprit dans ce contexte l'analyse des différentes facettes socio-économiques de la société chinoise et de son évolution face aux chocs économiques et culturels qu'elle connut. Or, à partir du

moment où la Chine prit ses distances vis-à-vis de l'Union soviétique et de son mode de développement et où elle se dota, sous l'autorité de Mao Tsé-toung, d'une stratégie basée sur l'instauration d'une voie chinoise du socialisme axée sur le monde rural, elle suscita parmi ses observateurs fascination, réserve ou encore anathème. Les études furent, en effet, rarement objectives dans un sens ou dans l'autre. Dans une telle conjoncture, l'ouverture d'esprit de Marthe Engelborghs, son souci permanent d'approfondir les thèmes qu'elle abordait tout en sauvegardant une approche suffisamment distanciée lui valurent rapidement une reconnaissance internationale. Michel Schooyans, professeur à l'Université catholique de Louvain (UCL), dans son ouvrage intitulé «La provocation chinoise», paru en 1973 aux éditions du Cerf, écrivit à son propos: «Dans une étude remarquable [...] Marthe Engelborghs-Bertels a exploré le lien étroit entre "la nature et les hommes en Chine". Elle y montre que le respect de la nature et l'harmonie entre l'homme et la nature sont des thèmes centraux de la pensée chinoise». Sujet éminemment complexe parmi d'autres qu'elle aborda et maîtrisa. Il n'est donc pas étonnant qu'en 1979 le conseil d'administration de l'ULB, vu l'importance et la qualité de ses travaux, ait jugé sa production scientifique comparable à une dissertation doctorale.

Dès 1960, Marthe Engelborghs commença à écrire toute une série d'articles dans la *Revue de l'Institut de Sociologie*, concernant par exemple la «Rémunération et logement des travailleurs dans les communes populaires de Chine», «La localisation de l'industrie en Chine», «La campagne des cent fleurs et la génétique», ... Il en fut de même à partir de 1962 dans le bulletin édité par le Centre d'études des pays de l'Est, devenu en 1972 la *Revue des Pays de l'Est*, au sein desquels on ne compte plus ses contributions portant, entre autres, sur les domaines suivants: les syndicats en République populaire de Chine, les mythes dans une société communiste, la Chine et le Tiers-Monde, la Révolution culturelle, le pluralisme juridique en Chine populaire, les nouveaux statuts du parti communiste chinois, la signification de la propriété foncière en Chine, l'évolution du droit et la critique du confucianisme en Chine populaire, ... En 1963 fut publié en tant que coauteurs par Marthe Engelborghs et René Dekkers l'ouvrage consacré à «La République populaire de Chine, cadres institutionnels et réalisations. T. 1: l'histoire et le droit» (Institut de Sociologie, Université Libre de Bruxelles). La même année, parut à l'Académie dans le cadre de la Commission Bibliographie sa contribution portant sur «Les Pays de l'Est et la décolonisation, particulièrement en Afrique. Listes des études relatives aux conceptions émises par les Etats du camp socialiste à l'égard des mouvements de libération nationale dans cette partie du monde».

Ses connaissances sur la Chine principalement mais aussi sur d'autres pays d'Asie de l'Est allaient l'amener tout naturellement à assumer des enseignements à l'ULB, où elle fut nommée en 1967 chargée de cours à la faculté des sciences sociales, politiques et économiques pour y dispenser un cours portant sur l'«initiation aux civilisations de l'Orient». En 1969, c'est à l'invitation de

l'UCL qu'elle fut autorisée par l'ULB à y donner un cours de trente heures sur les «problèmes politiques de l'Asie». Elle y fut nommée plus tard chargée de cours à raison de soixante heures. Elle publia de nombreux articles dans toute une série de revues, outre celles du Centre d'études des pays de l'Est et de l'Institut de Sociologie, notamment *Civilisations*, la *Revue de Philosophie et d'Histoire*, *Dialogo*, ...

Rapidement, comme déjà souligné, ses compétences allaient être reconnues au-delà de nos frontières. Par exemple, en 1965, elle était à Leeds pour participer à un congrès international sur les études chinoises. L'année suivante, elle présidait à l'Université de Copenhague une commission de travail sur la Chine populaire. L'année 1967 se révéla bien remplie. Elle fut appelée à donner une conférence à l'Université Columbia à New York sur «La révolution culturelle chinoise». En mai elle alla aux Bermudes pour y participer à un congrès organisé par la faculté de droit de l'Université de Harvard sur les outils disponibles pour l'étude du droit chinois. Au mois de septembre, elle se rendit à l'Université de Bochum (*Ruhr-Universität Bochum*) comportant une faculté des études de l'Asie de l'Est où elle fit un exposé sur «L'enseignement en Chine populaire». Fin du mois, c'est à Paris, à l'Ecole pratique des Hautes Etudes, qu'elle reprit le thème de la Révolution culturelle lors d'une conférence suivie d'une table ronde. L'année suivante, à l'Université de Neuchâtel, elle siégea au Congrès des sociologues de langue française. Dans l'ouvrage de Georges Balandier sur la sociologie des mutations publié en 1970 (Paris, Anthropos), elle écrivit un chapitre intitulé «Tradition et mutation en République populaire de Chine». En 1971, à Hammamet, ville tunisienne accueillant régulièrement des événements universitaires et culturels, elle présenta un exposé sur «La politique maoïste de développement rural». Dans la revue *Etudes internationales* que publie l'Institut québécois des Hautes Etudes internationales, elle écrivit en 1981 un article sur «Les conceptions chinoises en matière de relations internationales», etc.

Par ailleurs, en 1964, elle devint membre de l'Institut des Hautes Etudes chinoises aux Musées d'Art et d'Histoire du Cinquantenaire. Et son ancrage au sein de l'ULB ne fit que se renforcer. En 1978, elle fut nommée directeur du Centre d'études des pays de l'Est et en 1980 secrétaire général de l'Institut de Sociologie.

D'un naturel discret, réservé, elle laissa cependant un souvenir impérissable à plusieurs de ses collègues. En 1977 fut programmé par un service périphérique de l'ULB un voyage en Chine auquel participèrent vingt-sept d'entre eux. Etant donné ses compétences, il fut demandé à Marthe Engelborghs de contribuer à son organisation et de jouer le rôle de mentor sur place. Or la Chine était alors un univers fermé sous la domination de la «bande des quatre». Mais grâce à ses relations sur place, sa connaissance du chinois, ses qualités de communicatrice, le voyage fut une réussite. Les participants revinrent épuisés mais ayant acquis des connaissances sur le pays qui, sans elle, leur auraient été inaccessibles, ce dont ils lui furent extrêmement reconnaissants.

Outre les ouvrages cités ci-dessus, peuvent encore être évoquées parmi ses multiples apports à la connaissance de la Chine principalement les contributions suivantes :

- La Chine rurale. Des villages aux communes populaires, Editions de l'Université de Bruxelles, 1974 (traduit en espagnol);
- Gouvernés et gouvernants en Chine populaire, *Recueils de la Société Jean Bodin*, 1965;
- Les étapes de la révolution culturelle de la Chine, 1919-1974, Institut belge des Hautes Etudes chinoises, 1975;
- Shanghai et les ports à traité en Chine, *Recueils de la Société Jean Bodin*, 1974;
- Les relations internationales dans le Pacifique occidental, *Civilisations*, 1991;
- La Chine ancienne: l'histoire et la culture de l'Empire du Milieu (en coll. avec R. Goepfer), Bordas, 1988;
- L'Asie et le Pacifique. Emergences – Tensions – Perspectives (dossier sous sa direction), *Civilisations*, 1992;
- Tradition et modernité en Chine, *Revue des Pays de l'Est*, 1992.

Marthe Engelborghs a été élue membre de l'Académie le 11 juillet 1984. Elle est décédée à Bruxelles le 22 février 2015 à l'âge de quatre-vingt-sept ans.

Paule BOUVIER

Charles RENARD

(Liège, 12 août 1940 – Grez-Doiceau, 7 mars 2015)



Notre confrère Charles Renard est né à Liège dans une famille nombreuse. Son père était avocat. Après ses humanités au collège Saint-Servais, il entame en 1959 des études d'ingénieur agronome, orientation agriculture tropicale à l'Institut agronomique de l'Université catholique de Louvain (UCL) à Heverlee. Il réalise son mémoire de fin d'études en physiologie végétale sous la direction du professeur R. Bastin en analysant la croissance de *Lemna minor* en présence de divers herbicides. Dès l'obtention de son diplôme en 1964, il est engagé au laboratoire d'écologie végétale dirigé par le professeur Jean Lebrun afin de poursuivre des recherches sur la végé-

tation du plateau des tailles dans les Ardennes, d'abord comme chercheur d'un projet du Fonds de la Recherche fondamentale collective et ensuite comme assistant à l'UCL. Auprès de cet ancien secrétaire général de l'Institut national pour l'Etude agronomique du Congo belge (INEAC), il approfondit sa formation en systématique végétale, en reconnaissance des associations végétales et en compréhension de l'évolution de ces associations selon les caractéristiques du milieu. Dans cette équipe, il acquiert également enthousiasme, méthode et rigueur scientifique en écologie végétale, discipline à la base de la compréhension du fonctionnement des écosystèmes et de l'optimisation de la production agricole. Cette période est couronnée en 1969 par la défense d'une thèse de doctorat sur «Les fluctuations saisonnières de la teneur en eau de diverses formations végétales en Haute-Ardenne».

L'aspiration principale de Charles Renard va néanmoins vers des recherches pouvant contribuer au développement de régions tropicales. En 1971, il se rapproche de ce but en rejoignant comme premier assistant le laboratoire de phytotechnie tropicale de l'UCL dirigé par le professeur René Germain. Ce dernier l'invite à collaborer en juillet-août 1971 à une mission d'agrostologie au plateau des Bateke et au Bas-Zaïre (RDC). Cette première expérience scientifique et humaine en région tropicale fut déterminante pour l'orientation future des recherches et de la carrière de Charles Renard. L'agrostologie tropicale fut en

effet un thème central de ses activités, avec des recherches sur l'écologie de la germination et du développement de plantes fourragères tropicales comme *Bec-keropsis uniseta*, *Hyparrhenia diplandra*, *Brachiaria ruziziensis* et *Setaria splendida*. Des séjours de recherche en 1973 et 1976 au *Grassland Research Institute* à Hurley en Grande-Bretagne lui ont par ailleurs permis de se familiariser avec la méthodologie d'étude de la croissance de formations herbeuses en condition contrôlée, en particulier les techniques modernes pour mesurer la réponse des plantes au stress hydrique.

Nommé chef de travaux à l'UCL en 1975, Charles Renard y développe des recherches personnelles innovantes pour comprendre par quels mécanismes des plantes s'adaptent au stress hydrique. Ces recherches ne se limitent pas aux espèces fourragères mais couvrent des plantes aussi diverses que le riz, le maïs, le théier ou le caféier. Plusieurs étudiants, doctorants ou post-doctorants, dont certains de pays en développement, sont associés à ces travaux. Avec humour et avec une sensibilité humaine particulière, il leur communique sa passion, se dévoue entièrement à leur encadrement et suit leur devenir personnel et professionnel. De ces travaux résulte une meilleure compréhension des mécanismes à la base des différences dans la résistance au stress hydrique entre variétés des diverses espèces étudiées, avec comme corollaire: l'identification de critères de sélection pour l'amélioration variétale de ces cultures, un choix variétal optimisé selon l'environnement ou encore une adaptation éventuelle de la phytotechnie. Suite à l'expertise acquise dans ce domaine, Charles Renard est sollicité pour des missions sur le terrain en Afrique afin notamment d'évaluer en 1978 la résistance à la sécheresse de cultivars de théier au Burundi, pour collaborer plusieurs fois en 1979 et 1980 comme chercheur visiteur à l'Institut international d'Agriculture tropicale (IITA), Ibadan (Nigeria), à la mise au point et à la réalisation d'un programme de sélection pour la résistance à la sécheresse chez le riz pluvial, ou encore afin de discuter en 1984 à l'Institut de Recherches du Café et du Cacao (IRCC) en Côte-d'Ivoire de la résistance à la sécheresse chez les caféiers Robusta et Arabusta.

Sa large compétence scientifique, son ouverture d'esprit et son sens critique et constructif le conduisent à faire partie de 1979 à 1981 du Conseil national de la Politique scientifique, un organe consultatif chargé à l'époque de préparer pour le Comité ministériel de la Politique scientifique les éléments de la politique scientifique de la Belgique et d'en suivre l'exécution.

L'agrostologie tropicale de terrain restait par ailleurs un pôle d'activité majeur. Entre 1978 et 1982, il est ainsi professeur visiteur pour le cours d'agrostologie à la faculté d'agronomie de l'Université du Burundi à Bujumbura. Entre 1981 et 1983, il réalise au Burundi les évaluations du programme d'agrostologie de l'Institut des Sciences agronomiques du Burundi, participe à l'évaluation des ressources fourragères dans le projet «petits ruminants de Rugazi» et à l'étude du comportement de *Stylosanthes guianensis* dans la basse Ruzizi et le Mosso. En 1984 et 1985, il réalise l'évaluation et le suivi du projet *Stylosanthes* financé par la coopération belge à Bouaké en Côte-d'Ivoire.

Durant ces années, les responsabilités de Charles Renard à l'UCL se sont accrues: sur proposition des membres de l'Unité de Phytotechnie tropicale, les autorités académiques le nomment responsable de la gestion de ce groupe important de recherche, d'enseignement et de service à la faculté des sciences agronomiques de l'UCL. Son horizon d'action s'élargit également vers l'intégration de la gestion des pâturages dans les systèmes agraires et l'orientation de ceux-ci vers une gestion intégrée des ressources naturelles en vue du développement rural. Dans ce sens, il est invité à participer en 1983 à une mission organisée par le bureau d'étude allemand *Gesellschaft für Forschung und Entwicklungsprojektierung* pour le compte de la Commission de la Communauté européenne au Fouta-Djalon (Guinée) en vue de la réhabilitation de petites fermes agricoles.

Dans ses contacts avec le terrain en Afrique, Charles Renard réalise pleinement l'objectif de son choix d'étude d'ingénieur agronome des régions tropicales ainsi que de son engagement à améliorer le niveau de vie des paysans. Il constate aussi *de visu* l'urgence du problème de durabilité des systèmes agraires soumis à des contraintes démographiques et climatiques nouvelles, les lacunes dans la compréhension du fonctionnement de ces systèmes et ainsi le besoin urgent de recherches scientifiques complémentaires. Afin d'y contribuer personnellement, il accepte une offre de l'Institut international de Recherches sur les Cultures des Zones semi-arides (ICRISAT) pour le poste d'agronome des systèmes agraires et de chef d'équipe du programme «Gestion des ressources» au Centre sahélien de l'ICRISAT à Sadoré, au Niger. Il demande une mise en disponibilité de l'UCL et y émigre avec sa famille. S'ensuivent des années intenses d'échange et de concertation avec des chercheurs et responsables des pays partenaires de la zone soudano-sahélienne et d'autres institutions internationales de manière à définir les priorités de recherche, établir des réseaux de collaboration ainsi que pour mettre en place des expérimentations innovantes. Il obtient l'appui de la Coopération belge et associe des étudiants et collègues belges à ces travaux. Interrogé par un journaliste du *National Geographic* sur les perspectives d'augmentation substantielle de la production agricole dans le Sahel, Charles Renard répond avec réalisme et pragmatisme: «There will be no green revolution here» (*National Geographic*, 1987). Vu les contraintes propres à la zone soudano-sahélienne, l'objectif premier de l'ICRISAT est en effet l'amélioration de la gestion des ressources naturelles en vue d'augmenter la durabilité des systèmes agropastoraux. Les angles d'approche ont été multiples. Ainsi, sous son impulsion, l'équipe a mesuré l'évaporation de la savane sahélienne en jachère au début de la saison sèche pour établir la balance hydrique du sol, elle a expérimenté l'intérêt de bordures d'*Andropogon gayanus* comme moyen de lutte contre l'érosion éolienne, mesuré la production de biomasse, le rendement et l'efficacité de l'utilisation de l'eau dans des systèmes agraires combinant le mil à chandelle avec des légumineuses alimentaires, comme le niébé, ou fourragères comme des *Stylosanthes*. Les résultats de ces recherches ont conduit à une dizaine de publications dans des revues internationales ou communications à des congrès, ainsi qu'à la poursuite de l'expérimentation dans plusieurs pays de la

zone. Charles Renard a, par ailleurs, organisé des ateliers internationaux: en 1987 à Niamey sur la gestion de l'eau du sol et des cultures en zone soudano-sahélienne, et en 1996 à Patancheru, en Inde, sur les résidus de culture dans des systèmes agraires durables associant la culture et l'élevage.

Sa crédibilité de chercheur, ses talents humains d'écoute et de gestion d'équipes, ainsi que l'estime de ses collaborateurs et pairs, conduisent en 1992 à sa nomination comme membre du comité de direction de l'ensemble des centres de l'ICRISAT et comme directeur du Centre sahélien et des programmes de l'ICRISAT en Afrique de l'Ouest. Par son action il a redynamisé le Centre sahélien et le réseau de collaborations de l'ICRISAT dans la région. L'excellence de sa gestion fait qu'en 1994 il est appelé à la direction du Centre Asie, c'est-à-dire du quartier général de l'ICRISAT à Patancheru, regroupant plusieurs centaines de chercheurs, techniciens et ouvriers. S'ensuivent des missions de concertation avec des responsables d'institutions de recherche agronomiques en Inde, Birmanie, Népal, Sri Lanka, Laos, Thaïlande, Chine, Indonésie ou encore Vietnam afin d'adapter le programme de recherche et d'action du Centre Asie de l'ICRISAT aux attentes de ces partenaires. Ses tâches incluent l'accueil de visiteurs prestigieux, comme par exemple Norman Borlaug, le père de la «révolution verte» en Asie. Sa responsabilité principale a néanmoins été de restructurer le Centre Asie, mission complexe qu'il a accomplie sans compter ses efforts, avec intelligence, doigté et fermeté.

A la fin de son contrat avec l'ICRISAT en 1996, il réintègre l'UCL comme chargé de cours extraordinaire. Il donnera des cours de physiologie végétale et de systématique des plantes et assurera également des missions d'enseignement à l'Université de Bukavu, RDC. Au Laboratoire d'Ecologie des Prairies et des Grandes Cultures, il reconstitue une équipe de recherche sur l'écologie de la germination et sur les mécanismes de résistance au stress hydrique de variétés de riz. Il participe à la publication de résultats de recherche entrepris par ses collaborateurs au Centre sahélien et édite les comptes rendus de l'atelier international qu'il avait organisé avant son départ au Centre Asie de l'ICRISAT. Il assume, par ailleurs, un rôle important dans la rédaction des chapitres traitant du mil à chandelle, de l'éleusine, du sorgho, du fonio ainsi que des légumineuses et graminées fourragères dans le manuel «Crop Production in Tropical Africa» publié en 2001 par la Direction générale pour la Coopération internationale.

Charles Renard a été membre de la *American Society of Agronomy* et membre fondateur de la *Asian Agri-History Foundation* à Hyderabad en Inde. En 1998, il est nommé membre associé de la Classe des Sciences naturelles et médicales de l'Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer.

Le redéploiement de ses activités scientifiques est tragiquement interrompu en mai 1999 par un AVC sévère. Avec une volonté extraordinaire et le soutien de son épouse, il se bat contre son handicap mais se voit obligé de demander en 2000 l'admission à l'éméritat comme professeur de l'UCL. Malgré ce coup du sort, il a gardé intact son humour et sa ténacité de battant.

En reconnaissance de sa contribution déterminante à l'avenir des Centres sahéliens et Asie, l'ICRISAT a décidé de baptiser le nouveau laboratoire d'analyse sur le campus de l'ICRISAT à Patancheru le *Charles Renard Analytical Services Laboratory* et l'a invité, lui et sa famille, à son inauguration en décembre 2004. Depuis, des milliers d'échantillons de sols et de plantes sont analysés chaque année dans ce laboratoire. Les nombreuses publications qui en résultent y font référence et maintiennent ainsi vivante la mémoire de Charles Renard dans la recherche agronomique outre-mer.

Henri MARAITE

SOURCE

Professeur Jean-François Ledent, UCL, communications personnelles.

