



**BULLETIN DES SEANCES
MEDEDELINGEN DER ZITTINGEN**

55 (4)

**ACADEMIE 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.

© Royal Academy for Overseas Sciences. All rights reserved.

Abonnement 2009 (4 numéros — 4 nummers): 70,00 €

Avenue Louise 231
B-1050 Bruxelles (Belgique)

Louizalaan 231
B-1050 Brussel (België)



**BULLETIN DES SEANCES
MEDEDELINGEN DER ZITTINGEN**

55 (4)

**ACADEMIE 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

Séance plénière du 10 octobre 2009

Plenaire zitting van 10 oktober 2009

Introduction / Inleiding

par /door

Jean BERLAMONT*

Madame la Ministre, Monsieur le Président, Excellences, Mesdames et Messieurs les Présidents, Mesdames et Messieurs les Secrétaires perpétuels et perpétuels honoraires des Académies, chers Consœurs et Confrères, Mesdames, Messieurs,

Je vous souhaite la bienvenue à cette séance académique marquant l'ouverture de l'année 2009-2010 et vous remercie d'avoir répondu si nombreux à notre invitation.

Mevrouw de Minister, Mijnheer de Voorzitter, Excellenties, Dames en Heren Voorzitters, Dames en Heren Vast en Erevast Secretarissen van de Academies, beste Consororen en Confraters, Dames en Heren,

Ik heet U allen hartelijk welkom op deze openingszitting van het academiejaar 2009-2010 en dank U voor uw talrijke opkomst.

Het programma handelt dit jaar, onder andere, over de vijftigste verjaardag van de onafhankelijkheid van Congo, die wij volgend jaar zullen vieren. Daarom hebben wij een beroep gedaan op onze Confrater Isidore Ndaywel è Nziem, historicus, gewoon hoogleraar aan de Universiteit van Kinshasa en vorser aan de *Université de Paris I*. Hij zal het hebben over de *Origines de l'Etat congolais: la Loi Fondamentale (1960-1964): transition sans héritage et héritage sans transition*. De Heer Ndaywel è Nziem heeft onlangs nog een boek gepubliceerd met als titel *Nouvelle histoire du Congo. Des origines à la république démocratique*.

Nous entendrons ensuite notre Confrère Eric Lambin, lauréat du Prix Francqui 2009, que nous avons voulu honorer en lui donnant la parole aujourd'hui.

Eric Lambin est géographe, professeur à l'Université Catholique de Louvain et écrivain. Il a en effet tout récemment publié un ouvrage intitulé «Une Ecologie du bonheur» et c'est ce même thème qu'il va aborder dans son exposé intitulé *Geographic and Historical Patterns of Reforestation*.

Mais en tant que président, il me revient l'honneur de vous présenter le premier exposé et j'ai choisi de vous entretenir de *Water, een universeel recht of een schaars goed*.

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

Water, een universeel recht of een schaars goed?*

door

Jean BERLAMONT**

Is water een grondstof?

Onze planeet Aarde is een „water”planeet: de „blauwe” planeet. Water is sinds geologische tijden aanwezig op aarde: er zijn mariene sedimenten gevonden op de top van Mount Everest. De aanwezigheid van water (tegelijkertijd in zijn drie verschijningsvormen: vast (ijs), vloeibaar (water) en gasvormig (waterdamp in de atmosfeer)) maakt de Aarde uniek.

Leven en water zijn onafscheidelijk met elkaar verbonden. Dankzij de aanwezigheid van water is de Aarde (voor zover wij thans weten) de enige planeet waar leven aangetroffen wordt. Het leven op Aarde is in het water ontstaan (de „oersoep”). (In de Indische mythologie kwamen de goden, de maan en de zon trouwens uit het water...) De aardse atmosfeer is gemaakt en wordt onderhouden door levende materie: door fotosynthese wordt „zonne-energie” omgezet in „chemische energie” en wordt het zuurstofgehalte in de atmosfeer in evenwicht gehouden. In de oceanen wordt door plankton evenveel organisch „levend” materiaal („*primary production*”) geproduceerd als door alle andere planten op aarde samen.

Water is onmisbaar voor alle leven, alle ecosystemen en alle menselijke activiteiten. Wij hebben water nodig als **drinkwater**, voor de landbouw (**irrigatie**) en de veeteelt en voor de **industrie**. Wereldwijd produceren de zee en de rivieren een aanzienlijk deel van ons voedsel (**visvangst** en piscicultuur). Rivierwater kan gebruikt worden om (hydro-) **elektrische energie** te produceren. Waterlopen zijn van ouds **transportwegen** en een bron van **recreatie**. Helaas dienen onze rivieren nog al te vaak als riolen.

Elk van ons gebruikt zo'n 120 tot 150 l **drinkwater** per dag. Dat water wordt gewonnen uit grondwaterlagen of uit het oppervlaktewater (in Vlaanderen ongeveer 50/50). Meer en meer wordt drinkwater ook gewonnen uit zeewater (bij ons marginaal, maar heel belangrijk in het Midden-Oosten en het westelijk gedeelte van de V.S.A.).

* Mededeling voorgesteld tijdens de plenaire zitting van 10 oktober 2009 en gebaseerd op de lezing „Water, een schaarse grondstof”, gegeven te Leuven in het kader van de „Lessen van de 21ste eeuw” (26.09.1998).

** Voorzitter 2009 van de Academie; prof. Katholieke Universiteit Leuven.

Drie miljoen Belgen en twee miljoen Nederlanders drinken water uit de Maas, o. a. via Oelegem op het Albertkanaal voor Antwerpen, Tailfer voor Brussel en de Biesbos voor Nederland. Samen gaat het om een klein miljoen kubieke meter per dag.

Vijfnegenentig procent van alle Dijlewater wordt aan de bron opgepompt als drinkwater voor Nijvel. In de Dijle stroomt dus nauwelijks Dijlewater...

Al in antieke tijden werden gigantische infrastructuurwerken uitgevoerd voor de watervoorziening. De Romeinen met hun badhuiscultuur hadden een immense behoefte aan water en bouwden er de indrukwekkende aquaducten voor. Wij vinden het doodnormaal dat er goed drinkwater uit de kraan komt en beseffen niet welk ontzagwekkend patrimonium daarvoor nodig is: stuwdammen, reservoirs, kanalen, pompstations, leidingennetwerken. Waterdistributie werd in ons land slechts honderd jaar geleden geleidelijk aan ingevoerd en in 1975 waren nog 134 gemeenten (van v r de fusie) niet aangesloten op een openbare drinkwatervoorziening. Op vele plaatsen in de wereld is drinkwater van goede kwaliteit niet altijd en/of niet in voldoende mate beschikbaar.

Landbouw is de grootste waterverbruiker (70 % van het globale waterverbruik) t.g.v. de **irrigatie** van 225 miljoen ha land (18 % van het wereldlandbouwarsenaal). Voor de productie van één ton graan is nagenoeg 1 500 m³ water nodig en voor één ton katoen 10 000 m³.

De **industrie** heeft behoefte aan proceswater en koelwater en verbruikt wereldwijd ruim 20 % van alle zoetwater. Een melkerij heeft ongeveer 10 l water nodig om één liter melk te produceren en een brouwerij 20 m³ per ton verwerkte malt! Dat is weinig vergeleken met een papierfabriek, die 500 m³ water nodig heeft per ton papier, en een aluminiumfabriek, die 1 300 m³ water verbruikt voor één ton geproduceerd metaal. Ook elektriciteit maak je niet zonder water: 400 m³/MWh.

Rivieren zijn een bron van hydraulische energie: in een bescheiden rivier als de Dijle stroomt er voortdurend een vermogen van een 10-tal KWatt voorbij onder de vorm van kinetische energie; voor een rivier zoals de Maas in was is dat van de orde van grootte van 3 MWatt, wat overeenkomt met een kleine elektrische centrale. Hydraulische energie werd lang v r de eerste industriële revolutie aangewend om molens te laten draaien en zagen aan te drijven. Water- en windmolens waren eigenlijk de eerste industriële vestigingen. Vaak verschaftte het bezit van het „molenrecht” een solide inkomen en vormde het de basis van een familie- of abdijkapitaal (bvb. de Heren van Heverlee). Moderne industriegebieden, zoals deze langs de Ruhr en de Wupper, danken daar hun ontstaan aan. Nu wordt hydraulische energie gevaloriseerd als **hydro-elektrische energie**. Door stuwdammen te bouwen wordt water opgehouden. Dit laat toe de potentiële energie van het water te benutten en het stuwmeer is een buffer om een continue elektriciteitsproductie te garanderen niettegenstaande het veranderlijk zijn van de afvoer. In België is de bijdrage van waterkrachtcentrales in de totale elektriciteitsproductie gering, maar in landen als Frankrijk, Italië, Zwitserland, Brazilië, enz. is hydro-elektriciteit zeer belangrijk. Er wordt geschat dat 25 % van de elektri-

sche energie in Europa via waterkrachtcentrales opgewekt wordt. „*La houille blanche*” is de schoonste energievorm, die bovendien perfect „hernieuwbaar” is. De grootste waterkrachtcentrale ter wereld is die van Itaipu, op de Iguacu (Brazilië): 12 600 000 KWatt of 12,6 GigaWatt ($12.6 \cdot 10^9$ Watt). De allergrootste wordt de centrale van de 2,3 km lange en 180 m hoge „drie-klovendam” op de Yangtze, in China (18,2 GigaWatt).

In de oudheid, en tot lang in het tweede millennium, waren de waterlopen de enige transportwegen voor zware of massagoederen. De stenen voor het Leuvense stadhuis werden vanuit het huidige Noord-Frankrijk per schuit aangevoerd; dat werd vorig jaar in Leuven nog eens (ludiek) overgedaan. België heeft één van de dichtste **waterwegennetten** van de wereld: 1 500 km bevaarbare waterwegen waarlangs ongeveer 20 % van alle vervoerde goederen getransporteerd wordt (ruwweg 100 miljoen ton per jaar). Het laat zich aanzien dat een intensiever gebruik van de waterwegen één van de mogelijke oplossingen is voor het mobiliteitsprobleem en de verzadiging van ons snelwegennet. Er is daarom een stijging waar te nemen van de belangstelling voor de binnenvaart.

Is water schaars?

Water is op aarde uitzonderlijk overvloedig aanwezig maar als grondstof schaars. Nagenoeg 97 % van alle water op aarde bevindt zich in de oceanen. Vijfzeventig procent van de totale hoeveelheid zoetwater zit gevangen in poolijs, 14 % in diep grondwater, 11 % in ondiep grondwater, 0,3 % in meren, 0,06 % in bodemvocht, 0,035 % in de atmosfeer en 0,03 % in rivieren. Van alle water op aarde kan dus slechts ongeveer 0,33 % als „grondstof” gewonnen worden uit ondiep grondwater en oppervlaktewater (rivieren en meren); 97 % van het zoetwater is grondwater.

Ten gevolge van de bevolkingsaan groei (de wereldbevolking is de laatste twintig jaar verdubbeld), de toenemende verstedelijking in de Derde Wereld (in 1970 woonde één op vijf mensen in steden, nu meer dan de helft), de verbetering van de levensstandaard, verdampingsverliezen in kanalen, lekverliezen in leidingen en inefficiënt watergebruik in industrie en landbouw, stijgt het waterverbruik sinds meerdere decennien onheilspellend, sneller dan de bevolkingsaan groei. Het globale waterverbruik is sinds 1950 verdrievoudigd en bereikt thans een volume van $4\,350 \text{ km}^3$ per jaar, wat overeenkomt met nagenoeg achtmaal de gemiddelde jaarlijkse afvoer van de Mississippi. Uit de waterkringloop komt in principe $40\,000 \text{ km}^3$ water per jaar beschikbaar, waarvan misschien $10\,000 \text{ km}^3$ winbaar is. Dit is ongeveer het dubbele van wat we op dit ogenblik verbruiken.

Het **totaal**verbruik bedraagt thans gemiddeld 800 m^3 per jaar en per inwoner (in West-Europa wordt daarvoor slechts 50 tot 75 m^3 per inwoner gebruikt als **drinkwater** (d.i. slechts 6 % van het totaal!); de rest gaat naar de landbouw en de industrie. In België bedraagt de behoefte aan leidingwater ongeveer 750 miljoen m^3 per jaar, wat een verdubbeling is sinds 1965.

Verwacht wordt dat door de verbetering van de economische situatie in de ontwikkelingslanden het globale waterverbruik in de 21ste eeuw nog in belangrijke mate zal blijven stijgen

Waterschaarste is een relatief recent fenomeen. Vroeger woonde men gewoon niet in streken waar onvoldoende water was. Alle „oude” steden zijn langs waterlopen gelegen. Bevolkingsaan groei, oorlogen en sociale en economische marginalisatie dwingen meer en meer bevolkingsgroepen in (semi-)aride gebieden. Daar komt nog het effect van klimaatwijziging bij (verwoestijning van bepaalde streken) en de verontrustende toename van de vervuiling van het oppervlaktewater en het ondiepe grondwater, waardoor het water dat beschikbaar is niet (zomaar) bruikbaar is.

Systematische klimaatwijzigingen of accidenteel voorkomende droge periodes maken dat in grote delen van Afrika (Sahel) en het Midden-Oosten heel regelmatig of chronisch waterschaarste ontstaat, waardoor de produktie van voedsel en nijverheidsgewassen, maar ook de economische ontwikkeling en de conservering van de natuur in toenemende mate in het gedrang komen.

Industrie en urbanisatie produceren grote hoeveelheden afvalwater die in de meeste gevallen helaas geloosd worden in waterlopen die (elders) voor de watervoorziening moeten instaan. Intensivering van de landbouw resulteert wereldwijd in een toename van het gebruik van kunstmeststoffen waarvan de residu's in het grondwater en het oppervlaktewater terechtkomen. Meststoffen verontreinigen het grondwater op een heel lange tijdschaal. Expansie van irrigatie gekoppeld aan een slecht waterbeheer op het land veroorzaken oververzadiging en verzilting van de grond.

Alhoewel in West-Europa de waterkwaliteit geleidelijk aan verbetert, verslechtert ze voortdurend in Oost-Europa, Azië en de ontwikkelingslanden. Volgens de *National Geography* (1994) is de voormalige USSR een „universe of pollution”.

Gelet op de tijdschaal en de mestproblematiek raken bij ons de ondiepe grondwaterlagen meer en meer vervuild.

In de jaren vijftig waren er slechts een handvol landen die met waterschaarste te kampen hadden. Thans wordt watertekort reeds gevoeld in zesentwintig landen met een bevolking van 300 miljoen. Verwacht wordt dat de lijst met landen met waterschaarste in 2010 in belangrijke mate zal aangroeien, met inbegrip van landen zoals China, Indië, Mexico en het westelijk gedeelte van de V.S.A., maar ook gedeelten van Hongarije, Nederland (zoutwaterindringing!) en België... (een bevolking van 1,2 miljard?). Voorspellingen voor het jaar 2050 tonen aan dat dan zesenzestig landen en ongeveer tweederden van de wereldbevolking in min of meer grote mate met wate tekort zal te maken hebben (*World Water Council*).

Elk jaar sterven wereldwijd 5 miljoen mensen (waarvan 4 miljoen kinderen) omdat zij en hun vee geen of geen goed drinkwater hebben. Gelet op de huidige bevolkingsaan groei en de geringe investeringen die gebeuren om de watervoorziening te verbeteren moet verwacht worden dat de situatie nog zal verergeren.

In ontwikkelingslanden krijgt 90 % van de bevolking op het platteland nog steeds besmet water. 1 700 000 000 mensen zijn nog steeds zonder schoon water: op vele plaatsen in de wereld is goed drinkwater dus een schaars en kostbaar goed.

Wat bedreigt de watervoorziening? Wat kunnen we eraan doen?

Ten gevolge van de bevolkingsaan groei en de stijgende vraag in de Derde Wereld ziet het er dus naar uit dat de maatschappij in de 21ste eeuw in toenemende mate zal moeten voorzien in een stijgende waterbehoefte tegen een achtergrond van schaarste. Dit zal onvermijdelijk leiden tot economische en politieke spanningen en een verhoging van de druk op het milieu.

Tot voor kort was het de gewoonte de stijgende vraag naar water te beantwoorden met een toename van de waterproductie, enkel beperkt door de technische mogelijkheden. Hiervoor waren soms gigantische waterbouwkundige werken en investeringen nodig en/ of werd aan de drinkwatervoorraden meer water onttrokken dan er op natuurlijke wijze toegevoegd werd. Zodoende pleegt men roofbouw op de watervoorraden. Vaak waren zulke projecten oneconomisch, veroorzaakten zij (blijvende) schade aan het milieu, en waren zij niet extrapoleerbaar naar de toekomst en een nog groter verbruik toe.

Zo werden en worden in de voormalige Sovjetunie duizenden kubieke meter water per seconde van de Siberische rivieren Yenisei en Ob, die het Aralmeer voeden, afgeleid voor de irrigatie van o. a. katoen en rijstvelden, met als gevolg dat het Aralmeer thans herleid is tot 50 % van zijn oorspronkelijke oppervlakte; in het jaar 2000 was dat nog één derde. Sovjetplanners negeerden de voorspelde gevolgen van hun ingrepen en kozen voor het kortetermijnresultaat. Waar eens boten voeren en vissers actief waren is nu een desolate zoutwoestijn.

In de voormalige Sovjetunie werden gigantische plannen gemaakt voor de afleiding van de grote rivieren naar het dorre Centraal-Azië. De Engelsen hadden in de koloniale tijd een aanvang gemaakt met de bouw van kilometerslange kanalen uit het waterrijke noorden van Indië en Pakistan (Himalaya) naar het drogere zuiden. De dammen en kanalen in India en Pakistan zorgen er nu voor dat die landen hun groeiende bevolking kunnen voeden.

De bouw van de Assouandam is een succesvol voorbeeld van hoe gedurfde infrastructuurwerken het waterprobleem van een heel land en een miljoenenbevolking kunnen oplossen, maar ook de Assouandam heeft voor een hele reeks ongewenste neveneffecten gezorgd.

Sinds het concept „**duurzame ontwikkeling**” (*sustainable development*) in 1987 geïntroduceerd werd (*Brundland Commission*) verlaat men het vraaggedreven systeem. Hierbij wordt meer geleverd naarmate meer gevraagd wordt tegen gelijk welke (economische of milieu-) kost. Men probeert integendeel naar oplos-

singen te zoeken waardoor het waterverbruik op lokaal, regionaal, nationaal en internationaal vlak zodanig geregeld en beheerst wordt dat de levensnoodzakelijke functies van water in het ecosysteem gerespecteerd worden en zonder de watervoorraden op te gebruiken. In het Midden-Oosten wordt bvb. op grote schaal water gewonnen uit fossiele grondwaterlagen. Ze zijn in vroegere tijden ontstaan, maar worden hoegenaamd niet bijgevuld (Saudi-Arabië). Zulke toestand is op termijn onhoudbaar.

Dit kan gebeuren door enerzijds de behoefte aan meer water terug te schroeven door het vermijden van verspilling, hergebruik van water en betere technologie en anderzijds door de (natuurlijke) voeding van de watervoorraden veilig te stellen. Bovendien worden pogingen gedaan om een globaal waterbeleid te voeren, waarbij in elk stadium van de hydrologische cyclus beheersdaden worden gesteld die coherent en consistent zijn en dezelfde objectieven dienen. De beschikbare voorraden moeten goed beheerd en eerlijk verdeeld worden tussen de verschillende gebruikers (industrie, huishoudens, landbouw). „Integraal waterbeleid”, „*water resources management*”, „*integrated system management*”, „*sustainable water policy*”, ... zijn nu de toverwoorden, ook in Vlaanderen. Ze zullen ongetwijfeld de 21ste eeuw bepalen (bvb. *International seminar on „Regional Water system management, water conservation, water supply and system integration”*, Valencia, november 1998).

Verspilling

De energiecrisis heeft ervoor gezorgd dat men heeft leren zuinig omgaan met energie zonder daarom te moeten inleveren op comfort (betere isolatie, zuinige ketels,...); voor water hebben we meestal die reflex nog niet. Nochtans wordt veel drinkwater verspild.

Ten gevolge van **lekken** in waterleidingen gaat bij sommige waterleidingmaatschappijen meer dan 20 % van de gewonnen hoeveelheid verloren. Kostbaar drinkwater wordt gebruikt voor toiletspoeling, wat verantwoordelijk is voor één derde van het huishoudelijk waterverbruik! Regenwater dat daar perfect geschikt voor is laten we daarentegen zomaar wegllopen in („gemengde”) rioleringen, waardoor bovendien de zuiveringsinstallaties groter en duurder worden en hun rendement kleiner. Overstortgebeurtenissen uit gemengde rioleringen kunnen de kwaliteit van het rivierwater in sterke mate nadelig beïnvloeden. Eenmaal Vlaanderen grotendeels gerioleerd zal zijn en voorzien van waterzuiveringsinstallaties zullen deze overstortgebeurtenissen de belangrijkste oorzaak van vervuiling van het oppervlaktewater zijn. Thans wordt daarom in Vlaanderen het gebruik van regenwater in individuele woningen aangemoedigd.

Klassieke **irrigatiesystemen** die het water aanvoeren via open kanalen zijn de oorzaak van een belangrijk waterverlies t.g.v. verdamping: 40 % verdampt meteen. Zo verliest het 100 km lange irrigatiekanaal dat de Nijl verbindt met

Gezira (Soedan) gemiddeld 500 m³ water per dag, alleen door verdamping (gemiddeld 5 mm per dag)! Het water wordt dan verdeeld over verschillende (lekkende) lokale kanalen en gebruikers via onnauwkeurige regelsystemen: de boeren, die in vele gevallen niet betalen in functie van het verbruik, laten meestal veel te veel water over het land vloeien, waardoor opnieuw een groot deel verloren gaat. Tweederden van alle irrigatiewater bereikt de planten nooit. Door de overdreven watertoevoer en verdamping van het met zouten beladen rivierwater zal het land bovendien verzilten. Na vijf, tien of vijftientig jaar raakt de bodem zodanig verzilt en is de bodem zodanig versteend dat hij onbruikbaar is voor landbouw: één vierde tot één derde van alle landbouwland in de wereld is reeds waardeloos t.g.v. van verzilting. Het met landbouwgif en meststoffen vervuilde water vervuult bovendien het land.

Watertoevoer via leidingnetwerken en druppelirrigatie, het meten en laten betalen van de hoeveelheid verbruikte water en het eventueel veranderen van teelten kan heel wat besparing opleveren.

Er worden dure **drainagesystemen** aangelegd om de grondwaterstand te verlagen in „waterzieke” gronden om er (marginale?) landbouwgrond van te maken in een Europa waar men premies krijgt om elders (betere?) landbouwgrond braak te laten liggen of te herbebossen...). Hierdoor gaat niet alleen kostbaar water verloren maar vaak ook ecologisch interessante valleien. Parallel aan de afvoer van het drainagewater loopt misschien een waterleiding die de naburige woonwijken of gehuchten voorziet van drinkwater dat misschien elders tegen een hoge kostprijs gewonnen wordt uit een grondwaterlaag die chronisch daalt...

Op verschillende plaatsen in Vlaanderen is „verdroging” nu al een probleem. Algemeen gesproken kan men zeggen dat sinds de droge zomer van 1976 het grondwater in Vlaanderen nooit meer op het oorspronkelijk peil teruggekomen is.

Nieuwe technologie kan waterverbruik drastisch verminderen zonder dat ons comfort in het gedrang komt. Dat gaat van eenvoudige dingen zoals een WCspoelbak met twee knoppen, of spaardouchekoppen, tot gesofisticeerde druppelirrigatiesystemen die elke plant individueel het nodige water (en de nodige voedingsstoffen) bezorgen, waardoor ook meteen het probleem van de verzilting van de ondergrond tegengegaan wordt, of „*precision agriculture*”, waarbij robots uitgerust met een GPS en zoutsensoren de gewenste hoeveelheden water verdelen tot op het niveau van de individuele planten. Het gebruik van droogtebestendige en zouttolerante gewassen reduceert in hoge mate de waterbehoefte: een veld sorghum heeft veel minder water nodig dan een veld maïs. Hier kan onderzoek nog heel wat bijdragen.

De **industrie** is een zeer grote gebruiker van water. Meestal moet dat water niet van een perfecte „drinkwater”kwaliteit zijn en is het dus zonde daar (bedreigd) grondwater voor te gebruiken... Bij ons worden de bedrijven nu onrechtstreeks aangemoedigd om hun waterverbruik te beperken en om water te hergebruiken omdat ze belast worden op hun afvalwaterdebieten. Zuivering en hergebruik van water in de industrie is een heel actueel onderwerp.

Het optimaal exploiteren en beheren van de waterreserves zal, gezien de complexiteit van de huidige en toekomstige problemen, in de 21ste eeuw een holistische en interdisciplinaire benadering vergen, waarbij naast de biofysische ook sociaal- economische, politieke, milieu- en gezondheidsaspecten aan de orde komen. Daarbij zal de technologie niet alleen zaligmakend zijn maar niettemin onmisbaar.

Israël is er het bewijs van hoe stoutmoedige waterbouwkundige projecten *gecombineerd* met intelligent waterverbruik en waterbesparende maatregelen er kunnen voor zorgen dat zelfs in chronisch droge gebieden en zeer productieve landbouw kan bedreven worden.

Duurzame ontwikkeling vereist inderdaad een globale aanpak

Ontwikkelingslanden zullen veel geld nodig hebben om over te schakelen op een waterzuiniger technologie. Dat geld zal van het Westen moeten komen en is er (nog) niet.

Weinig ontwikkelingslanden kunnen het zich immers permitteren om naar de lange termijn te kijken. De korte termijn is helaas al zorgwekkend genoeg.

Watervoorraden beschermen

De (verwachte) waterschaarste is te wijten zowel aan een stijging van de vraag als aan een falen van de watervoorziening omdat het grondwater niet voldoende gevoed wordt en de kwaliteit van het beschikbare rivierwater daalt (en omdat er onvoldoende infrastructuur aanwezig is om aan de stijgende vraag te voldoen).

In China werd in het Maotijdperk ten koste van veel inspanningen en energie massaal grondwater gewonnen voor de rijstbouw: op sommige plaatsen daalde het grondwaterpeil met 100 m!

Ten gevolge van de aanzienlijke toename van de **urbanisatie** is bvb. in West-Europa de verharde oppervlakte aanzienlijk toegenomen. Het uitbouwen van riolering, wat op zichzelf positief is m.b.t. de waterkwaliteit, heeft voor gevolg dat het op het land vallende regenwater niet de kans krijgt om in de grond te dringen en het grondwater te voeden. Het wordt integendeel in de riolen snel afgevoerd naar beken en rivieren waar het mogelijk tot wateroverlast komt. Het toegenomen overstromingsgevaar in Duitsland, Nederland en België (94 en 95) is voor een deel daaraan te wijten.

Ideaal is het natuurlijk om een zgn. „gescheiden” rioleringssysteem te bouwen, waarin afvalwater en regenwater afzonderlijk afgevoerd worden. Het is echter economisch onhaalbaar om de bestaande rioleringssystemen in onze steden om te bouwen naar gescheiden systemen. Wel kan men zoveel mogelijk vermijden dat regenwater in de (gemengde) riolen terechtkomt door verharde oppervlakte (wegen, parkings, daken, industrieterreinen, ...) „af te koppelen” en bvb. het oude grachtensysteem langs de wegen te herwaarder en meer water rechtstreeks in de grond te laten infiltreren (doorlatende bekleding). Het opvangen en

gebruiken van regenwater is eveneens een gunstige factor. Zowel het afkoppelen van verharde oppervlakte als het gebruik van regenwater wordt tegenwoordig in Vlaanderen sterk aangemoedigd.

Rivieren zijn uitermate belangrijk voor de watervoorziening. Niet alleen zijn ze op vele plaatsen een rechtstreekse bron van drinkwater, ze zijn ook een sterk regulerende factor van het grondwaterpeil. Omdat rivieren ook nog andere functies hebben bvb. waterweg, zijn ze van ouds het voorwerp geweest van menselijke interventies. (De eerste indijkingen van de Gele Rivier dateren van 2000 v.C.). Omdat men de fysische wetten van de riviermorfologie niet kende (en nu nog slechts ten dele kent) en omdat men niet over de mogelijkheden beschikte om te simuleren wat het (mogelijk letterlijk „verreikende”) gevolg van een bepaalde ingreep op een bepaalde plaats zou zijn, zijn de neveneffecten van wat men beoogde in vele gevallen desastreus geweest.

Het in het verleden vaak toegepaste rechttrekken van beken en rivieren omwille van bvb. ruilverkaveling of om een kortere vaarweg voor de scheepvaart te bekomen zorgt voor een versnelde waterafvoer, een verlaging van het grondwaterpeil in de opwaartse gebieden en mogelijk wateroverlast afwaarts. De verlaging van het grondwaterpeil leidt tot verdroging. Op vele plaatsen in Vlaanderen is dit nu een grote zorg. Niet alleen is dit nadelig voor de watervoorziening maar ook voor het milieu: de waterrijke valleien zijn ecologisch zeer interessante gebieden.

Het indijken van de natuurlijke overstromingsgebieden, „uiterwaarden” of „winterbed” van een rivier heeft eveneens een versnelling van de afvoer voor gevolg. Het bergend vermogen, de „sponswerking” van de vallei vermindert en het grondwater wordt minder gevoed. Bovendien ontstaat afwaarts een verlaging van het grondwaterpeil terwijl opwaarts het overstromingsgevaar toeneemt.

Het probleem wordt nog ingewikkelder als men bedenkt dat rivieren niet alleen water maar ook (soms in heel belangrijke mate) sedimenten (erosieproducten) vervoeren en dat de bedding en de morfologie van een rivier veranderlijk is en interageert met de hydraulica (de Yangtse vervoert een half miljoen ton erosieproducten per jaar!).

Deze interactie heeft meestal tot gevolg dat het „hydraulisch” effect nog versterkt wordt: zo zal de versnelling van de afvoer die het gevolg is van het indijken of rechttrekken van een meanderende rivier erosie veroorzaken van het rivierbed waardoor de te verwachten daling van rivierpeil en grondwaterpeil resp. opwaarts en afwaarts nog zal toenemen.

Negentig procent van het oorspronkelijke bed van de Rijn is onttrokken aan de rivier. Sinds 1500-1600 is er geen „sponswerking” meer maar wordt het water zo snel mogelijk afgevoerd. De kroon werd op het werk gezet in de 19de en 20ste eeuw met nieuwe rechttrekkingen en indijkingen. Bovendien werd een gedeelte van het debiet aan de Rijn onttrokken voor de voeding van de waterkrachtcentrales op het zijkanaal. Een en ander had bvb. in de 19de eeuw een bodemdaling van 7 m (!) voor gevolg. De daarbij horende daling van het waterpeil zorgde ervoor

dat Straatsburg vanaf 1865 niet meer toegankelijk was voor de Rijnvaart, dat 90 % van de oeverbebouwing verdween en de oogsten met 50 % verminderden. In de 20ste eeuw werd de bouw van steeds nieuwe stuwen (en sluizen) nodig om de erosie te stoppen en de bevaarbaarheid te handhaven, tot men in 1982 besloot de vicieuze cirkel te doorbreken en in de plaats van nog een nieuwe stuw te bouwen te Neuburgweier afwaarts van de laatste stuw te Iffezheim, een continue bodembestorting uit te voeren met 175 000 m³ grind per jaar. Deze oplossing vrijwaarde „de rest” van de Rijn, was economisch interessant en milieuvriendelijk.

Het verhaal van de Po is even triest.

Ten gevolge van de interactie tussen waterafvoer en sedimenttransport is er een belangrijke wisselwerking tussen rivieren en hun hydrografische bekken. **Oppervlakte-erosie** t.g.v. ontbossing (300 km²/dag!) of bepaalde landbouwtechnieken is een andere storende factor in de waterhuishouding. T.g.v. oppervlakte-erosie komen aanzienlijke hoeveelheden sedimenten in de rivieren terecht (op kleine schaal bij ons bvb. in Brabant, op grote schaal in de Andes, Z.-O.-Azië, China,...) waardoor overstromingsproblemen ontstaan terwijl door het afspoelen van de vruchtbare teelaarde (die soms slechts enkele centimeter dik is) een snelle en irreversibele verwoestijning optreedt. Herbebossing is de enige oplossing die evenwel moeilijk en duur is en slechts binnen enkele tientallen jaren resultaat zal opleveren. Gelukkig worden initiatieven in die zin genomen (V.S.A., China, ...) maar ondertussen gaat de grootschalige ontbossing in grote gedeelten van Zuid-Amerika en Azië onverstoord verder en creëren we meer toekomstige problemen dan we er elders met veel inspanningen en tegen een hoge kostprijs proberen op te lossen...

Ook **bodemgebruik, landbouwmethodes, sociale gewoonten** (houtvuurtjes in Sub-Sahara Afrika, veeteelt (geiten, hoe meer vee hoe groter sociaal aanzien)) kunnen de desertificatie in de hand werken. Noord-Afrika was in de oudheid de graanschuur van het Romeinse Rijk. Nu is het grotendeels woestijn.

De geschiedenis van een rivier kan in drie periodes ingedeeld worden: natuurlijke periode, de zgn. „culturele (!?) periode”, waarin t.g.v. menselijke ingrepen de afvoer van water en sedimenten maximaal is, en die leidt tot de „terminale fase” met onbeheersbare waterafvoer, woestijnvorming (bvb. Nijl, Eufraat, Tigris,...).

„Rivieren zijn niet de beste burens. Ze zijn erg meegaand en vriendelijk zolang men ze beleefd behandelt en met rust laat. Van zodra men zich te veel met hun zaken bemoeit houden ze niet op wraak te nemen.” (SILBERSCHLAG 1785 (!!)). Ze straffen ons met overstromingen en verwoestijning.

Overall ter wereld zien we zowel de frequentie als de omvang van „overstromingen” angstwekkend toenemen. De voorbeelden zijn legio.

De maandenlang durende overstromingen van de Yangtze en bijrivieren in de zomer van 1998 werden veroorzaakt door indijkingen en eisten een tol van minstens 4 000 doden. Ze noodzaakten de grootste mobilisatie van het Chinese leger sinds de burgeroorlog tegen de nationalisten in 1949 om de dijken te versterken.

Meer dan één miljard mensen voelden de (economische) gevolgen van de overstromingen. Tweehonderdtwintigduizend mensen werden rechtstreeks getroffen; een gebied zo groot als de helft van Frankrijk stond eind augustus onder water.

Elk jaar zijn er overstromingen in Bagladesh. In september 1998 waren de overstromingen de ergste sinds het bestaan van Bagladesh. Men raamt het aantal dodelijke slachtoffers op honderdduizend. Eigenlijk is het grootste gedeelte van Bagladesh gelegen *in* de delta van de Brahmaputra, Jamura en de Ganges. De bevolking werd er naartoe gedwongen na de oorlog met India. In augustus 1998 kreeg Bagladesh de grootste overstromingen ooit te verduren (honderden doden). Er kwam maar weinig van in de pers. Een internationale commissie zoekt al jaren naar een (betaalbare) oplossing.

Iedereen herinnert zich nog de catastrofale overstromingen in Polen en Duitsland (de Rijn) en in de V.S.A. (de Mississippi) in 1997, de wateroverlast langs de Maas in België en Nederland in 1994 en 1995, de overstromingen in grote delen van Vlaanderen in september 1998....

Bij „overstromingen” spreken we van een „natuurramp”, terwijl vele „overstromingen” eigenlijk niets anders zijn dan het opnieuw (tijdelijk) innemen van het winterbed van de rivier (*flood plains*) en andere het onvermijdelijke en voorspelbare gevolg zijn van ondoordachte menselijke ingrepen.

De meeste van onze steden zijn gelegen in het winterbed van een rivier. De mens wordt om voor de hand liggende redenen aangetrokken door de nabijheid van rivieren. Het is er mooi, maar gevaarlijk wonen! („*Fatal attraction of flood plain occupancy*” (*that's where civilization began*), Vlachos.)

“In plaats van het water weg te houden van de mensen zouden we de mensen moeten weg houden van het water” (Rott).

Langs de Nederlandse Maas worden de uiterwaarden in ere hersteld („*flood plain restoration*”). Ook bij ons in Vlaanderen zijn er hier en daar schuchtere pogingen in die zin.

Vandaag de dag zijn de fysische wetten die de stroming van water in de grond, in rivieren, estuaria en zeeën beschrijven bekend. Ook de interactie tussen water, wind en gronddeeltjes kan beschreven worden. Sinds hooguit dertig jaar beschikken we over computers en software die ons in principe toelaten het effect van ingrepen op rivieren en estuaria te voorspellen. Alle mogelijke systemen (dammen, kanalen, dijken, waterwinningen, ...) kunnen dus in principe veel preciezer dan vroeger ontworpen worden zodat alle eventuele ongewenste neveneffecten voorspeld kunnen worden en het ontwerp geoptimaliseerd kan worden. Helaas is daar niet altijd de (politieke of economische) bereidheid toe en verkiezen we vaak „al ziende blind te zijn” om korte-termijnoordeel na te streven. De prijs die hiervoor (door toekomstige generaties) in de 21ste eeuw betaald zal worden is echter groot. In ontwikkelingslanden worden om dezelfde reden nu dezelfde fouten gemaakt die wij in het verleden gemaakt hebben, al weten we nu wel beter... of kunnen we tenminste wel beter weten.

Bovendien moeten we niet te euforisch zijn over de voorspellende kracht van onze huidige computermodellen. Vele fysische verschijnselen, zoals bvb. erosie en sedimentatie, morfologische veranderingen van rivieren en kusten zijn zo complex dat we ze voorlopig slechts heel onvolledig kennen en dus slechts summier kunnen modelleren. Veel onderzoek is nog nodig om tot betrouwbare modellen te komen. Ook hier wordt besparen op onderzoek achteraf duur betaald. Het schijnt echter „menselijk” te zijn om niet te investeren in iets waarvan men de impact niet onmiddellijk voelt. Net zoals er eerst dodelijke ongelukken moeten gebeuren vooraleer verkeerslichten of onbemande camera's op een kruispunt geplaatst worden, moet de nood groot zijn voor men bereid is op grote schaal in onderzoek te investeren. Na de overstromingen van 1953 is het Nederlandse deltaplan op gang gekomen en (pas) na de overstromingen van 1976 het Vlaamse Sigma-plan (dat overigens nog niet af is. De laatste overstroming is al zo lang geleden...). Na de herhaalde overstromingen in het Maasbekken is daar nu heel wat op gang gekomen. Na de wateroverlast in Vlaanderen in september 1998 wordt werk gemaakt van een „geïntegreerd waterbeleid”. De oude volkswijsheid „voorkomen is beter dan genezen” is echter nog altijd onverminderd waar.

Natuurlijke oorzaken

Water is zeer onregelmatig verdeeld in tijd en ruimte over de Aarde. Wassen en overstromingen wisselen af met periodes van droogte. Sommige landen hebben grote wateroverschotten, andere zijn extreem droog.

Afrika is bvb. gekenmerkt door een zeer gevarieerde en contrasterende situatie op het gebied van waterbevoorrading: er zijn zowel woestijngebieden als regenwouden, met soms zelfs overdreven neerslag. In de Sahel duurt de droogte nu al sinds 1975 (bvb. *International conference „Water resources variability in Africa during the XXth century*, Abidjan, November, 1998).

Afgezien van deze belangrijke ruimtelijke verdeling zijn er ook de schommelingen in de tijd. In de 20ste eeuw hebben droge en natte periodes elkaar afgewisseld in West-Afrika, Oost-Afrika en zuidelijk Afrika. Deze periodes waren niet noodzakelijk dezelfde voor alle streken.

Een deel van de klimaatschommelingen wordt toegeschreven aan (periodiek) wisselende zonne-activiteit, aan vervuiling (ozongat, globale opwarming). Veel hiervan is nog speculatie. Wat wél vaststaat is dat er een sterke interactie is tussen de atmosfeer, het weer, het klimaat en de oceanen. Systematische of accidentele klimaatschommelingen beïnvloeden natuurlijk de hydrologische cyclus en de globale waterhuishouding.

De oceanen (eigenlijk beter „de” (wereld)oceanen) spelen een cruciale rol in weers- en klimaatveranderingen omdat ze een enorm reservoir en transporteur van warmte zijn.

Het best gekende grootschalige fenomeen is „El Ni o”. Het is het gevolg van de omkering van zeestromingen in de Stille Oceaan. Ten gevolge van schommelingen in de luchtdruk waaien de passaatwinden in plaats van, zoals gewoonlijk, van oost naar west nu van west naar oost. In de oceaan ontstaat een stroming oostwaarts naar de westkusten van Zuid- en Noord-Amerika. In het westen van de Stille Oceaan is er minder warm water en dus minder verdamping en bijgevolg geen wolken en geen neerslag in Azië (extreme droogte in Indonesië, Papoea-Nieuw-Guinea, mislukte oogsten, hongersnood, mijnindustrie kwijnt weg t.g.v. tekort aan water en gebrekkig watertransport,...). In Amerika daarentegen is er abnormaal veel regen... El Ni o van 1997-1998 was bijzonder sterk: uitzonderlijke hagelstormen in Oost-Canada, die uitzonderlijk veel schade veroorzaakten, langdurige regens in Californië, die talrijke aardverschuivingen en lokale overstromingen veroorzaakten, hevige wervelstormen in de winter in Florida, vernietigende bosbranden in Indonesië. Zware regens in Peru doodden tweehonderd mensen en maakten tweehonderdduizend daklozen.

Er is ook de Atlantische tegenhanger van El Ni o, namelijk de veel minder goed gekende Noord-Atlantische oscillatie, die ervoor verantwoordelijk is dat er bij ons periodisch zachte en koude winters voorkomen. Zij wordt veroorzaakt door schommeling in luchtdruk tussen IJsland en de Azoren: als de druk over IJsland laag is en die boven de Azoren hoog, waaien de winden van west naar oost en krijgt West-Europa een maritiem klimaat met zachte, natte winters, veel stormen en slechte zomers. Als het systeem omkeert, met hoge druk boven IJsland en lage druk boven de Azoren, waait de wind overheersend van oost naar west en krijgt West-Europa een eerder continentaal klimaat met zonnige zomers en koude winters. Gemiddelde periode is ongeveer drie jaar. Er schijnt een verband te zijn met geringe schommelingen in de Golfstroom.

Het is heel moeilijk om dergelijke verschijnselen in voldoende detail te observeren en haast niet mogelijk om ze te voorspellen. Er bestaan globale atmosfeermodellen en modellen die bepaalde aspecten van de oceanen kunnen beschrijven (stroming, saliniteit, temperatuur). Globale klimaatmodellen die veranderingen van het weer op lange termijn voorspellen zijn weinig betrouwbaar (bv. de invloed van het ozongat). Globale oceaanmodellen die in voldoende detail alle processen beschrijven op verschillende tijd- en lengteschalen zijn duizendmaal complexer dan klimaatmodellen. Het gedetailleerd analyseren en voorspellen van interacties tussen oceanen en het klimaat zal dus allicht slechts in de 21ste eeuw gerealiseerd kunnen worden.

De oceanen beïnvloeden het milieu op alle tijdschalen. Een toename van de troebelheid bv. t.g.v. opwoeling van zachte sedimenten (BHP) bij het baggeren van mangaanknollen wijzigt de indringing van zonnelicht en beïnvloedt lokaal de biologische productie.

Versnippering van het waterbeleid

Op wereldschaal zijn er verschillende organisaties van de Verenigde Naties die zich met „water” bezig houden. Het waterbeleid wordt verder uitgestippeld en gevoerd door talrijke internationale nationale gouvernementele, professionele en wetenschappelijke organisaties. Op nationaal niveau wordt het beleid vaak bepaald door nationale, regionale, provinciale, gemeentelijke autoriteiten en (semi-)privé bedrijven zoals „*water authorities*” in Engeland en AQUAFIN in Vlaanderen.

In Vlaanderen is de Noordzee nationale materie, maar de kust en de Schelde zijn Vlaams. Binnen het ministerie van de Vlaamse Gemeenschap is het hoofdzakelijk het departement Leefmilieu en Infrastructuur (LIN) dat bevoegd is voor milieu, natuurbehoud, landinrichting (AMINAL), milieuvergunningen, waters en bossen, natuurbescherming, landelijke waterdienst, polderbesturen en wateringen, landschappen, binnenwateren, zeeuwen, scheepvaar,... Zovele diensten of besturen die minstens iets met water te maken hebben. De Vlaamse Milieumaatschappij (VMM) is verantwoordelijk voor de planning en de regelgeving inzake waterzuivering en riolering. Ieder hydrografisch bekken zal een bekkencommissie hebben, waarin alle gebruikers en belanghebbenden vertegenwoordigd zijn (zowel de zondagsvissers als de industriëlen), AQUAFIN is belast met de bouw en exploitatie van bovengemeentelijke rioleringsinfrastructuur en rioolwaterzuiveringsinstallaties. Vlaanderen telt vier (relatief) grote watermaatschappijen plus enkele regioën die de drinkwatervoorziening verzorgen; provincies en gemeenten zijn verantwoordelijk voor de waterlopen van tweede en derde categorie. Rioleringswerken zijn een gemeentelijke infrastructuur.

Als er al iets mis zou zijn met ons waterbeleid is het zeker niet door gebrek aan belangstelling.

Alleen een geïntegreerde organisatie kan een geïntegreerd beleid voeren. Hier is nog werk aan de winkel. Alleen in de U.K. lijkt de organisatie beter (*water authorities*). Onnodig te zeggen dat het in ontwikkelingslanden, waar de problemen het grootst zijn, vaak een totale chaos is, met competitie tussen de verschillende gebruikers of belanghebbenden en tegenstrijdige beslissingen en maatregelen. Het zal niemand verbazen dat overleven en kortetermijngewin op de eerste plaats komen en dat duurzaamheid en milieu altijd de laagste prioriteit krijgen.

Besluit

Water is een onschatbaar goed. Zonder water kunnen wij niet leven.

Niettegenstaande water overvloedig aanwezig is op aarde worden de bruikbare hoeveelheden water steeds kleiner. Door de toename van de wereldbevolking en de toenemende landbouwactiviteit en industrie in vroeger achtergebleven gebieden neemt de behoefte aan water daarentegen voortdurend toe. Ook voor het

behoud van ecologisch interessante gebieden is water nodig. Water wordt een schaarse en dus waardevolle grondstof.

Anderzijds neemt op vele plaatsen in de wereld de frequentie van watersnood steeds toe. De tekorten kunnen voor een deel opgevangen worden door een zuiniger watergebruik door privégebruikers, landbouw en industrie.

Men mag zich echter geen illusies maken: belangrijke extra investeringen zijn nodig om nieuwe watervoorraden „aan te boren” en om de „waterhuishouding” beter in de hand te houden zodat het beschikbare water beter kan verdeeld worden in tijd en ruimte. Bij het ontwerpen, sturen en beheren van deze nieuwe en bestaande infrastructuur mag men de fouten niet herhalen die in het verleden begaan werden omdat men zeer ééndimensionaal dacht vanuit het standpunt van één toepassing en kortetermijnopbrengst. Op die manier zal men er ook in slagen de ramspoedige overstromingen (grotendeels) te vermijden. Multidimensionaal en multidisciplinair denken en internationaal handelen, geleid door goed gedefinieerde doelstellingen en rekening houdend met alle beschikbare kennis, is de boodschap.

Gelukkig is die kennis er de laatste jaren sterk op vooruitgegaan, bvb. m.b.t. grondwatervoorraden, de hydrologische cyclus, riviermorfologie, modellering, sturing, ... We beschikken over instrumenten (computermodellen) die ons toelaten het effect van onze geplande ingrepen te voorspellen en ze zodoende te optimaliseren. Er blijft echter nog heel wat onbekend of niet goed gekend. Er zal ook blijvend moeten geïnvesteerd worden in onderzoek.

We moeten ook beseffen dat een groot gedeelte van de problemen zal ontstaan in wat wij nu nog „ontwikkelingslanden” noemen. In die landen zijn de acute maatschappelijke en economische problemen zo groot en de beschikbare middelen zo beperkt dat er geen belangstelling is voor (middel)langetermijndenken. Nochtans zal wat in de ontwikkelingslanden gebeurt ons allen treffen. Wij moeten er ons van bewust zijn dat het in ons voordeel is om hierin te investeren niet op de conventionele, gemakkelijke paternalistische manier door hier en daar (ongecoördineerd) een pompstation, een stuwdam of een waterleiding aan te leggen, maar door een proces van bewustmaking op gang te brengen en door het transfereren van kennis, technologie en know-how. Men hoeft niet echt een pessimist te zijn om te voorspellen dat dit voorlopig niet zal gebeuren op de schaal waar de wereld nood aan heeft...

Alle wetenschappelijke en technische ingrepen zullen falen indien er geen maatschappelijke bewustwording van het probleem ontstaat en indien de politici niet beslissen om efficiënt en integraal de schaarse watervoorraden optimaal te beheren. Water kent geen (taal)grenzen. De ervaring leert helaas dat zulke maatschappelijke @evolutie zelden op gang komt zonder dat een catastrofe er onze aandacht voor opgeëist heeft. Laat ons optimist zijn en hopen dat het niet zo ver zal komen.

Water is de belangrijkste grondstof van de XXI^e eeuw en zal dus ook één van de grootste zorgen van de volgende generatie zijn.

**Aux origines de l'Etat congolais:
la Loi Fondamentale (1960-1964):
transition sans héritage et héritage sans transition***

par

Isidore NDAYWEL E NZIEM**

L'histoire de la décolonisation de l'ancien Congo belge est généralement associée au dispositif constitutionnel qui fut mis en place peu de temps avant l'indépendance. Constitué de deux lois distinctes, la «Loi Fondamentale relative aux structures du Congo» et la «Loi Fondamentale relative aux Libertés Publiques au Congo», promulguées respectivement le 19 mai et le 17 juin 1960, ce double dispositif [1]*** a régi les quatre premières années de la postcolonie [2] congolaise, du 30 juin 1960 au 1^{er} août 1964; en même temps, il passe pour avoir été l'une des principales causes des convulsions que celle-ci a connues. En plus d'avoir facilité la double sécession, du Katanga (11 juillet 1960) et du Sud-Kasaï (8 août 1960), cette Constitution provisoire aurait été à la base du duel qui s'est déclaré entre le Président Kasa-Vubu et le Premier Ministre Lumumba, duel qui a abouti à l'épisode rocambolesque de leur révocation réciproque, suivi de la mise en congé des Chambres.

Comme bilan, trois mois après l'indépendance, le Congo de la Loi Fondamentale avait donc enregistré, en plus des deux sécessions, un coup d'Etat (celui du colonel Mobutu, le 5 septembre 1960), l'avènement dans la capitale de deux gouvernements parallèles (de Patrice Emery Lumumba et de Joseph Ileo) se disputant la légitimité [3], et l'émergence de deux républiques se réclamant du même territoire, la «république du Congo-Léopoldville» (Kinshasa) et la «république libre du Congo» de Stanleyville (Kisangani). Un long feuilleton de crise bien inscrit dans la mémoire collective [4]!

Cette Loi Fondamentale cumulait effectivement, à elle seule, plusieurs raisons d'être critiquée. D'abord elle était le produit du parlement belge, et non du parlement congolais. De là à imaginer qu'elle aurait été porteuse d'agendas cachés, il n'y avait qu'un pas habituellement vite franchi [5]. Ensuite, confectionnée à la hâte, elle passait pour un travail bâclé, résultant de la politique du «lâcher-tout»

* Lecture faite à la séance plénière du 10 octobre 2009. Texte reçu le 7 septembre 2009.

** Membre de l'Académie; prof. Université de Kinshasa (RDC).

*** Les chiffres entre crochets [] renvoient aux notes et références, pp. 471-475.

que la Belgique s'était imposée, depuis la première manifestation indépendantiste du 14 janvier 1959 jusqu'à la proclamation d'indépendance dix-sept mois plus tard. Point culminant du «pari congolais», ce texte constitutionnel aurait donc été l'expression de la démission de la métropole, dans la mesure où il se serait contenté d'assurer le transfert au Congo indépendant des équations non résolues à son niveau, comme celle de la régionalisation administrative, de l'intégration des travailleurs immigrés, particulièrement du Ruanda-Urundi, ou du déficit de la formation des élites locales, y compris dans l'armée.

Plus de quatre décennies après l'indépendance, il nous a paru intéressant de revisiter ce texte à la lumière de l'évolution postcoloniale et de le soumettre à un questionnement sur les enjeux du moment. Cette nouvelle lecture a été faite à partir de trois documents majeurs: d'abord, les «Annales parlementaires belges», restituant l'ensemble des débats ayant conduit à l'adoption de cet ensemble de texte [6]; ensuite, les conclusions de la Table Ronde politique telles que rapportées par son historiographe officiel [7], l'historien belge Georges-Henri Dumont [8]; enfin, le parcours constitutionnel postcolonial, de la Constitution de Luluabourg (1964) à la Constitution de la RDC (2006), qui a formé notre troisième corpus dans lequel nous avons tenté de déceler les empreintes de ce dispositif [9].

On verra combien ce texte bouc-émissaire est en réalité une œuvre élaborée avec toute la rigueur d'usage et dont les principes ont résisté à l'usure du temps. Sa vulnérabilité aurait plutôt été liée à l'ambiguïté et à la complexité de son statut, de même qu'au déficit de vulgarisation dont il a été l'objet auprès de la population congolaise.

Paradoxalement, la «crise congolaise» semble avoir été le produit à la fois de sa mise en œuvre et de sa mise à l'écart. C'est après les événements de la crise de l'indépendance que le prescrit de la Loi Fondamentale fera l'objet d'une plus grande appropriation congolaise dès lors qu'il sera soumis à d'autres modes de retranscription, sous la forme des Constitutions subséquentes.

Trois questions nous préoccupent donc ici. D'abord, l'histoire de la production de ce texte constitutionnel; ensuite, celle de sa mise en œuvre présumée; enfin, celle de son influence éventuelle sur l'ensemble de l'évolution postcoloniale du Congo.

1. Aux origines de la Loi Fondamentale

Le projet d'élaboration d'un dispositif constitutionnel est né à la Table Ronde politique de Bruxelles, cette conférence qui a réuni les délégations des partis politiques congolais et des chefs coutumiers, avec les représentants du Gouvernement et du Parlement belge [10]. Il a commencé à germer dans les esprits au lendemain du 28 janvier, quand la date de l'indépendance a été fixée au 30 juin. Il ne restait plus que cinq mois pour le préparer.

Une première revendication congolaise, conséquente à cette décision, a été celle de l'abrogation de la loi du 18 octobre 1908 dite la «Charte Coloniale» [11]. La gestion coloniale du Congo avait, en effet, toujours reposé sur des dispositions constitutionnelles distinctes de la métropole. La Charte Coloniale ne consacrait-elle pas, dès son article premier, cette démarcation? «Le Congo belge a une personnalité distincte de celle de la métropole. Il est régi par des lois particulières. L'actif et le passif de la Belgique et de la colonie demeurent séparés. En conséquence, le service de la rente congolaise demeure exclusivement à la charge de la colonie, à moins qu'une loi n'en décide autrement» [12]. On comprend donc que, même dans la perspective de la mise en place d'une Constitution provisoire, œuvre une fois de plus de la métropole, il ait été question d'abrogation de la Constitution coloniale existante [13], et non de sa simple adaptation, comme elle l'avait été par la loi du 8 mars 1960 instituant les «Collèges Exécutifs, général et provinciaux» [14].

La production d'une nouvelle Constitution signifiait en principe l'invention de nouveaux scénarios institutionnels à mettre en place dans la perspective de l'indépendance. Il fallait s'y mettre. On aurait pu imaginer, à ce niveau, que le problème ne concernait plus la métropole. Il n'en était rien. Le 29 janvier, à cette Conférence de la table ronde de Bruxelles, c'est le ministre du Congo belge et du Ruanda-Urundi lui-même, le socio-chrétien Auguste de Schryver, qui esquissa, dans un discours introductif, les premières propositions d'organisation du nouvel Etat indépendant. On retrouve dans ce propos la première esquisse de la Loi Fondamentale. Pourtant, à ce niveau, on aurait pu s'inspirer des Constitutions des deux pays subsahariens récemment indépendants — le Ghana et la Guinée — ou des politiques de décolonisation, en matière constitutionnelle, des anciens pays de l'Afrique occidentale et équatoriale française. Il n'en fut pas question. Jusqu'au bout colonie modèle, le Congo belge devait poursuivre sa carrière coloniale en solo.

Le ministre préconisa une configuration de l'exécutif et du parlement, similaire non pas à celle d'autres pays africains indépendants mais à celle qui prévalait en Belgique. Ce qui était logique. Mais, au niveau provincial, il introduisit une innovation de taille: les provinces deviendraient des entités politiques, dotées chacune d'un gouvernement et d'un parlement. L'armée, les finances, la diplomatie, feraient l'objet de dispositions particulières. Les Chambres, dès qu'elles seraient mises en place, auraient une double tâche: exercer le pouvoir législatif mais aussi siéger en assemblée constituante pour élaborer la Constitution congolaise.

A partir de ces éléments, s'amorça le débat congolo-congolais. Le plus poignant est celui qui opposa les «fédéralistes» aux «unitaristes»; le premier groupe, majoritaire, étant formé surtout des délégations de la Conakat (Convention nationale katangaise) de Moïse Tshombe et de l'Abako (Alliance des bakongo) de Joseph Kasa-Vubu; et le second, par le Cartel de Patrice Lumumba, farouchement opposé à ce projet. Dans son congrès provincial, en avril 1960, le parti de

Lumumba, le MNC/L, avait déclaré: «Le fédéralisme se traduit par un dangereux séparatisme ethnique et des guerres tribales [...] par son truchement, certains veulent instaurer un néo-colonialisme, frère de celui, réactionnaire, qui vient d'être enterré» [15].

Malgré tout, la table ronde finit par aboutir à l'adoption de seize résolutions. La plupart d'entre elles étaient de nature à inspirer la rédaction de la nouvelle disposition constitutionnelle, notamment celles relatives à l'organisation de l'Etat (résolution 2), à la mise en place du pouvoir exécutif (résolutions 3, 4, 5), à l'organisation du parlement (résolution 6) et des institutions provinciales (résolution 10), à la répartition des compétences entre le pouvoir central et le pouvoir provincial (résolution 9). Fut également retenu le principe d'une période transitoire brève, régie par la Loi Fondamentale, pour rendre possible la rédaction d'une Constitution par cette première législature des Chambres. Cette période ne pouvait «être inférieure à trois ans ni supérieure à quatre», précisa-t-on. L'éventualité de proposer au roi Baudouin d'être le chef d'Etat du Congo, au cours de cette période, ne fut pas retenue au niveau de la Commission ayant discuté des «structures» (dans laquelle siégeaient côté belge, en plus du ministre, le libéral A. Buisseret et le socialiste H. Rolin). Ce rapport précisa: «Du point de vue psychologique, l'opinion congolaise pourrait continuer à douter de la réalité de l'indépendance, tant qu'elle demeurerait sous l'autorité du roi des Belges [16]. Même les accords qui inévitablement devraient intervenir entre la Belgique et le Congo risqueraient d'être suspects de ne pas avoir été négociés du côté congolais en toute liberté, si d'un côté comme de l'autre, les plénipotentiaires qui les concluaient avaient été désignés par le même souverain» [17]. N'empêche que la Loi Fondamentale ne fait nullement mention de «république» ou de «président de la république», mais uniquement d'«Etat congolais» et de «Chef d'Etat» sans doute dans un secret espoir que les choses pouvaient changer.

Dès la fin de la table ronde politique, fut instituée, au sein du ministère d'Auguste de Schryver, une Commission politique congolaise, avec pour objectif de participer à l'élaboration de l'avant-projet de la loi constitutionnelle. Ce travail fut réalisé en moins de six semaines. Crawford Young note que ce groupe de travail eut à sa disposition les Constitutions suisse, nigériane et ghanéenne, mais on n'en tira pas grand-chose [18]. On n'accorda à la démarche qu'une importance relative. En somme, les options de base avaient déjà été arrêtées; de plus, le caractère «provisoire» du dispositif à mettre en place ne présageait pas qu'il pouvait devenir «provisoirement définitif» pendant quatre longues années remplies d'épreuves.

2. La Loi Fondamentale...

«Une œuvre de bonne volonté et de bonne foi!»

L'expression est du socialiste Henri Rolin, qui qualifia de la sorte, à la tribune du sénat, le 18 mai 1960, ce projet constitutionnel comportant huit titres et deux

cent cinquante-neuf articles [19]. A la Chambre des Représentants, la Loi Fondamentale a fait l'objet de débats du 31 mars au 5 mai et, au sénat, du 10 au 18 mai. A chaque Chambre successive, où siégeaient, suivant la configuration politique du moment, néerlandophones et francophones, majorité gouvernementale (socio-chrétiens) et opposition (socialistes, libéraux et communistes), ce projet de loi a été examiné suivant les procédures habituelles: d'abord débat et mise au point du projet à la commission ad hoc («Commission du Congo belge et Ruanda-Urundi» à la Chambre basse, «Commissions réunies de la Justice et du Congo belge et Ruanda-Urundi» à la Chambre haute); ensuite, débat général en plénière, suivi de l'examen et de l'adoption article par article; enfin, adoption globale du projet, avant d'être soumis pour promulgation par le roi.

L'exposé introductif du ministre Auguste de Schryver à la Chambre des Représentants, le 30 mars, qui tint lieu d'exposé des motifs, apporta les précisions préliminaires: la Loi Fondamentale abrogeait au 30 juin 1960 la Charte Coloniale du 18 octobre 1908. Toutefois, elle entrerait en vigueur avant cette date, puisqu'elle s'appliquait à la fois à la période antérieure et postérieure au 30 juin. Aussi devait-elle se référer simultanément à des notions et organes de droit public belge d'une part, de droit public congolais d'autre part. Cette loi créait un Etat unique, constitué de six provinces dotées d'une large autonomie. Le régime adopté s'inspirait plutôt des principes du système fédéral que de la décentralisation administrative. La fonction du chef de l'Etat était, pour l'essentiel, la même qu'en Belgique. L'organisation et le fonctionnement du pouvoir exécutif central étaient inspirés du système belge. Quant au premier gouvernement congolais, il devait impérativement [20] être constitué avant le 30 juin, avec mission de conclure avec la Belgique un traité général d'amitié, d'assistance et de coopération, et de négocier les conventions particulières qui s'imposaient avec les autres partenaires, notamment le Ruanda-Urundi [21].

Au sénat, le rapport introductif des Commissions préparatoires qui fut présenté le 17 mai 1960 par le sénateur K. Van Cauwelaert, rapporteur desdites commissions, se focalisa sur la légitimation de la démarche. Le projet de loi découlant tout droit des résolutions de la table ronde belgo-congolaise, souligna-t-il, aurait déjà obtenu l'approbation de la Commission politique instituée auprès du ministère du Congo belge et du Ruanda-Urundi (dans laquelle siégeaient des Congolais), avant son dépôt sur le bureau de la Chambre des Représentants. En d'autres termes, la marge de manœuvre parlementaire était plutôt étroite. L'objectif poursuivi consistait à: «doter l'Etat du Congo d'une constitution provisoire permettant à ce pays de franchir l'étape qui le sépare de la date de la mise en œuvre de la constitution définitive, qu'il devra se donner lui-même. En assumant ainsi la tâche de doter le Congo d'une Constitution provisoire, les Chambres législatives belges accomplissent une mission où se rejoignent à la fois le devoir de la Belgique de régler l'accession du Congo belge à l'indépendance et à la souveraineté nationales dans l'ordre politique et juridique et, le devoir du peuple congolais de s'assurer cet ordre politique et juridique durant la période

intermédiaire qui séparera la date de la proclamation officielle de l'indépendance de celle à laquelle le Congo aura eu le temps matériel et la possibilité politique de se doter lui-même d'une constitution définitive [...]. L'œuvre législative que tend à réaliser le présent projet de loi, concluait le rapport, a donc une valeur juridique indiscutable, eu égard aux droits et aux devoirs de la Belgique, eu égard aux exigences primordiales de la vie de la population congolaise qui ne peut s'accommoder de l'absence du droit et eu égard aux devoirs du peuple belge et du peuple congolais vis-à-vis de la société internationale des nations (...)» [22].

Bien que le Parlement belge n'ait pas touché au fond de la structure de l'Etat congolais proposée par le gouvernement, en application des fameuses résolutions de la Table Ronde belgo-congolaise, il n'empêche que quelques observations de fond ont été formulées.

La question de la validité de la démarche fut une préoccupation qui s'est exprimée à plusieurs reprises. Déjà, la Chambre des Représentants s'était interrogée si, par cette loi, la Belgique ne s'engageait pas dans des responsabilités qui incombaient aux Congolais seuls et si une simple loi-cadre n'aurait pas suffi pour gérer la période intermédiaire, en attendant que les intéressés n'élaborent la Constitution de leur choix. La même préoccupation réapparut au sénat mais sur la question de l'identité de l'autorité arbitrale à laquelle recourir en cas de conflit d'interprétation de la loi. Les articles 253 et 254 confièrent cette tâche provisoirement au Conseil d'Etat et à la Cour des Comptes de Belgique, en attendant la mise en place de la Cour constitutionnelle et de la Cour des Comptes du Congo. Autrement dit, en cas de conflit avec la Belgique, celle-ci serait à la fois juge et partie!

Logique jusqu'au bout, on se demanda aussi si cet ensemble de dispositions ne devaient pas faire l'objet d'une certaine forme d'adoption formelle de la part des Chambres congolaises. Cette option fut retenue. Le ministre reconnut qu'une telle confirmation, au lendemain de la mise en place du Parlement congolais, serait un acte politique de la plus haute importance [23]. Mais il n'eut pas lieu dans les faits [24].

Visiblement, le Parlement belge a éprouvé quelque gêne dans cette démarche constitutionnelle inédite dans l'histoire des indépendances africaines. Non seulement une loi métropolitaine organisait l'Etat postcolonial, mais ce geste faisait de l'indépendance un acte juridique, alors qu'il était d'abord politique. Ce particularisme, le sénateur Rolin l'a affirmé d'un ton solennel, à la séance du 18 mai [25]: «Le Congo sera un sujet d'étonnement, de réflexion et d'études pour les professeurs de droit, car c'est une loi belge qui va donner sa structure à un Etat étranger, dans la mesure où elle ne sera d'application qu'après le 30 juin. Le premier Etat Indépendant du Congo avait été créé par un acte international, seul exemple d'une création semblable [26]. Et voici que le nouvel Etat indépendant va être doté d'une indépendance qui n'est pas octroyée par nous [27]. Le Congo ne sera pas, en effet, une création du législateur belge. La présente loi est avant tout la reconnaissance d'un fait social [...]. La structure du Congo sera toute différente de celle de la Belgique. Je vous en propose plusieurs exemples. En pre-

mier lieu, la structure du Congo belge sera fédéraliste. En second lieu, nous avons voulu faire une place, à tous les échelons, aux éléments coutumiers. Il était indispensable, en effet, de ne pas couper le Congo de ses institutions traditionnelles. En troisième lieu, nous avons tenu compte du besoin des congolais d'être protégés contre l'instabilité de l'exécutif».

D'autres objections portèrent précisément sur le contenu de ces nouvelles structures. On dénonça leur inutile complexité et leur coût onéreux, surtout que, quelques semaines plus tard, le 17 juin, le Parlement belge allait voter la loi autorisant les sociétés belges fonctionnant sous le droit congolais d'opter pour le droit belge. Une véritable catastrophe pour l'économie du Congo indépendant. Le processus de fédéralisation du Congo a été déclenché au moment où les caisses étaient étrangement vides.

Une autre inquiétude fut exprimée sur la qualité des animateurs qui allaient assumer la bonne marche de ces institutions nouvelles et qui n'avaient pas été formés jusque-là. Ici les réponses du ministre ne furent pas plus convaincantes. D'abord, il reconnut que la gestion de la colonie fut peu onéreuse, en comparaison du coût de fonctionnement des nouvelles institutions. Ensuite, il insista sur le fait que ces institutions avaient été exigées par la majorité des délégués de la Table Ronde, sans toutefois rappeler que c'était lui-même qui les avait proposées en premier lieu. Enfin, s'agissant de la formation de nouveaux animateurs de ces institutions, il laissa entrevoir la possibilité d'organisation de stages de formation et rappela le fait que les fonctionnaires belges allaient demeurer sur place pour assister sur le plan technique les nouveaux responsables congolais [28]. Cette perspective était évidemment irréaliste; elle ne prenait pas en compte la brièveté de délai, puisque l'échéance du 30 juin intervenait moins d'un mois plus tard. De plus, les techniciens belges étaient eux-mêmes sans expérience dans la mise en œuvre d'un régime fédéral qui n'avait pas existé à l'âge colonial et que la Belgique elle-même n'avait pas encore adopté.

En réalité, ces idées théoriques, dans l'air du temps en métropole [29] comme dans les états-majors politiques congolais, n'avaient jamais été expérimentées au moment de la stabilité coloniale. La décolonisation, qui s'est amorcée de manière brutale et précipitée, allait s'accompagner d'une réforme administrative profonde et inédite, cumulant fédéralisme et régime parlementaire. L'indépendance du Congo belge fut donc un réel pari. Sans transition, le pays de Lumumba prenait possession d'un héritage qui s'est construit sans sa participation, en même temps qu'il entrait dans une ère de transition totalement dépourvue d'un héritage spécifique

3. A l'épreuve de la «crise congolaise»

En un premier temps, la Loi Fondamentale fut respectée; elle rendit possible la mise en place de l'organisation politique complexe qui avait été retenue. Après les élections, les assemblées provinciales procédèrent à la mise en place de leurs

bureaux. Il en fut de même au niveau central, à la Chambre des Représentants et au Sénat. La mise en place des Exécutifs fut plus laborieuse. Une première entorse avait été jugée nécessaire au Katanga pour permettre au gouvernement provincial de Moïse Tshombe d'obtenir son investiture [30]. La nomination de Lumumba comme formateur, après l'échec de Kasa-Vubu de former un gouvernement [31], conduisit à l'investiture de son gouvernement, le 23 juin 1960, suivant les prescrits des articles 47 et 48. Le chef de l'Etat fut élu peu après, en conformité avec l'article 12. La veille du 30 juin, le Traité d'amitié et de coopération avec le royaume de Belgique, exigé par l'article 49, fut signé. On peut conclure que la Loi Fondamentale a fait preuve, jusque-là, de son efficacité. Deux lacunes, cependant! Premièrement, elle n'a pu faire l'objet d'une ratification formelle de la part des Chambres congolaises, même si implicitement elle l'a été par sa mise en œuvre immédiate. Deuxièmement, la constituante, qui aurait dû être formée avant le 30 juin, ne l'a pas été non plus, ce qui contribua à remettre à plus tard ce qui avait été épinglé comme une urgence absolue. Cette double situation pérennisa jusqu'au bout l'ambiguïté de la Loi belge organisant l'Etat congolais.

Après le 30 juin, cet outil constitutionnel fut mis à rude épreuve à la suite des événements malheureux qui ont succédé à cette célébration. La crise démarra avec la révolte de l'armée, la Force Publique, le 5 juillet, non pas exclusivement à cause des excentricités du général Janssens, commandant en chef de la Force Publique, mais aussi parce que la population congolaise, à aucun moment, ne fut informée qu'après l'indépendance les fonctionnaires blancs allaient demeurer en place. Dans le cadre de l'armée, cette disposition était tragique, puisque tous les officiers étaient belges. Le fait, pour eux, de continuer à exercer le commandement était «légal». Une légalité quelque peu contraire à l'opinion que le militaire, comme l'homme de la rue, se faisait de l'indépendance et que l'officier blanc se chargea lui-même d'annoncer à la troupe [32]. L'intervention des troupes métropolitaines, sans autorisation du gouvernement congolais, entraîna la violation du Traité d'amitié et de coopération inscrit en toutes lettres dans cette Constitution provisoire et la rupture, le 14 juillet, des relations diplomatiques. Entre-temps, depuis le 11 juillet, le Katanga avait fait sécession; il sera suivi, le 8 août, par le Sud-Kasaï. La Loi Fondamentale fut complètement dépassée [33].

Elle le fut encore davantage le mois suivant. C'est en effet le 5 septembre que, de manière inattendue, le président Kasa-Vubu procéda à la révocation de Lumumba et la nomination du président du sénat, Joseph Ileo, comme premier ministre. On connaît la suite. Les 7 et 8 septembre, les deux Chambres qui se réunirent successivement, renouvelèrent leur confiance au gouvernement Lumumba, pendant qu'Ileo continua à former le sien; sa composition fut rendue publique dans la nuit du 11 au 12, sans sollicitation au préalable de l'investiture des Chambres. Le 13, les Chambres lancèrent un appel à la réconciliation, mais le 14 le Président prit une ordonnance ajournant les Chambres pour un mois. Le soir de la même journée, le colonel Mobutu annonça la neutralisation de Lumumba et de Kasa-Vubu et la création d'un «Collège des Commissaires généraux», chargés d'assurer la marche de l'Etat [34].

La Loi Fondamentale se trouva dans une situation de suspension de fait, le pays évoluant désormais dans la voie paraconstitutionnelle. Malgré tout, le Gouvernement, dans le communiqué du Conseil des ministres, démontra l'illégalité de cette décision au regard de la Loi Fondamentale. Le chef de l'Etat n'exerçait en principe ses pouvoirs, notamment ceux repris aux articles 16, 22 à 32, que dans des conditions prévues aux articles 17, 19 et 20 [35]. Mais cette interprétation, de sa part, n'était pas de nature à dénouer la crise. Puisqu'il s'agissait d'un conflit des compétences au plus haut niveau de la hiérarchie politique, il n'y avait en principe qu'une seule porte de sortie: le recours au Conseil d'Etat. Or celui-ci était celui du royaume de Belgique, avec lequel les relations diplomatiques avaient été rompues et le Traité d'amitié et de coopération dénoncé. Le Congo indépendant se retrouva dos au mur, sans arrières juridiques pour résoudre pareils conflits.

L'autre volet de la crise résultait de la fédéralisation brutale. La perte de la mainmise sur les administrations provinciales fut catastrophique au niveau des finances. Les provinces s'emparèrent de toutes les liquidités disponibles dues aux impôts et aux redevances des sociétés commerciales [36]. D'autre part, la pression des événements, particulièrement la situation des immigrants luba chassés à la fois du Sud-Katanga et du Kasai occidental, notamment de Luluabourg (Kananga), exigea une révision de la répartition des espaces. Les victimes avaient beau réclamer la création d'une province spécifique, cela ne pouvait leur être concédé; cette disposition, contraire à l'article 7 de la Loi Fondamentale, exigeait au préalable une révision constitutionnelle. Et celle-ci ne pouvait être envisagée tant que le parlement n'était pas en fonction.

Finalement, après la mort de Lumumba, alors que le Congo était partagé entre une pluralité de pouvoirs (deux gouvernements sécessionnistes, deux gouvernements centraux antagonistes installés à Léopoldville et à Stanleyville), Kasavubu se décida enfin à convoquer le parlement, mais largement après le délai du seul mois d'ajournement officiel. Avec l'aide et la protection de l'ONU, députés et sénateurs furent rassemblés dans l'enceinte de l'Université Lovanium, du 22 juillet au 2 août 1961. Ce conclave accoucha d'un gouvernement d'union nationale, présidé par le syndicaliste Cyrille Adoula. Les institutions politiques regroupèrent à nouveau les acteurs parlementaires de 1960, à l'exception de ceux du Katanga.

Reprenant enfin du service, le Parlement procéda à la révision de l'article 7 qui posait problème. C'est finalement la loi du 27 avril 1962 qui fixa les conditions de création de nouvelles provinces. La démarche allait conduire à la configuration, en plus de la capitale, de vingt et une provinces, au lieu de six. Les premières provinces nouvelles à être créées furent celles du Nord-Katanga (distincte de celle du Sud-Katanga en sécession), du Sud-Kasai (refuge des immigrants luba) et celle du Kongo central (le fief du chef de l'Etat et de l'Abako) [37].

L'ultime crise se noua autour de la nécessité de refermer la parenthèse de la Loi Fondamentale. Au troisième trimestre de 1963, la constituante qui aurait dû

être en place avant le 30 juin 1960, n'était toujours pas réalisée. L'urgence devenait des plus absolues au fur et à mesure qu'on approchait du terme de l'échéance fixée par la Loi Fondamentale, à savoir la fin de l'année 1964. Le président Kasavubu crut utile de prendre l'initiative. Par l'ordonnance n° 184 du 26 août 1963, il convoqua les Chambres législatives en assemblée constituante. Le plaidoyer du Gouvernement, ayant conduit à cette décision, était explicite: «La veille de l'accession du Congo à l'indépendance, la Loi Fondamentale du 19 mai 1960 fut conçue comme instrument provisoire, ayant pour objet de tracer des dispositions constitutionnelles pour le Congo, jusqu'à l'adoption d'une Constitution définitive élaborée par les Chambres congolaises. En effet, la première tâche incombant aux Chambres était et demeure l'élaboration de la Constitution, et dans ce but, la Loi Fondamentale investit les Chambres du pouvoir constituant en même temps que du pouvoir législatif, et elle énonce la procédure suivant laquelle la Constitution devrait être élaborée, votée et promulguée. Or trois ans après le commencement de la législature actuelle, et alors que dix mois seulement nous séparent de l'expiration de la quatrième année pour laquelle la législature se trouve prolongée, le projet de la Constitution, se trouvant depuis bien longtemps sur le bureau des Chambres, est loin d'être prêt au vote [...] la présente convocation revêt le caractère d'un appel que fait le Chef de l'Etat, branche du pouvoir constituant, aux deux autres de ce pouvoir, pour que la tâche collective du constituant ne soit pas remise indéfiniment, avec le risque, devenu imminent, de voir la législature des Chambres prendre fin, et le pays continuer à être régi par une Loi Fondamentale provisoire promulguée par une autorité étrangère» [38].

Les parlementaires, tout en admettant le caractère extraordinaire de la session convoquée, estimèrent utile de combiner l'activité constituante avec les autres travaux ordinaires. En réalité, la tension entre l'Exécutif et le Législatif ne cessait de monter depuis que les ministres de la tendance lumumbiste avaient été chassés, l'un après l'autre, du Gouvernement et que l'opposition n'avait plus pour tribune que les Chambres. Les conditions défavorables dans lesquelles s'exécutait ce travail incitèrent le Président à prendre une nouvelle initiative, le 29 septembre 1963. Mettant à nouveau les Chambres en congé, il créa une commission constitutionnelle à laquelle il confia la tâche de réaliser ce travail. La suite de l'histoire est connue. Pendant que les leaders de l'opposition, ayant traversé le fleuve (où Alphonse Massamba-Debat avait accédé au pouvoir en août) pour créer à Brazzaville le CNL (Conseil National de Libération) qui allait organiser les rébellions, particulièrement sur le front de l'Est, on continua à Léopoldville à se préoccuper de la Constitution.

L'ordonnance 278 du 27 novembre 1963 précisa la composition de la Commission constitutionnelle. Présidée par Joseph Ileo, avec pour secrétaire général, Marcel Lihau, le premier juriste congolais formé à Louvain, la Commission, qui devait siéger à Luluabourg comme préconisé à la Table Ronde de Bruxelles, était constituée des représentants du gouvernement central, des assemblées et gouvernements provinciaux, des syndicats, des employeurs, des

collectivités rurales, de la presse, de la jeunesse et des étudiants [39], des confessions religieuses. Au total, cent vingt-sept participants, dont nonante-trois provenant des provinces ou milieux ruraux. Le travail fut mené jusqu'à son terme. Le projet constitutionnel fut soumis au référendum du 25 juin au 10 juillet 1964 [40]. Le 1^{er} août, la Constitution de la République Démocratique du Congo (appelée la «Constitution de Luluabourg») fut promulguée, abrogeant du même coup la Loi Fondamentale, malgré l'anticonstitutionnalité de la démarche. En effet, la Loi Fondamentale avait institué le chef de l'Etat et les Chambres comme pouvoir constituant. Ces dernières avaient été écartées de l'opération. Elle avait prévu également, au lieu d'un référendum, que la Constitution soit soumise aux parlements provinciaux. Tel ne fut pas le cas. Malgré tout, une page de l'histoire constitutionnelle du Congo fut ainsi tournée. Enfin, une loi constitutionnelle congolaise avait pris la relève de la loi belge.

4. La Loi Fondamentale et le parcours constitutionnel postcolonial

De 1964 à nos jours, la RDC a été régie par cinq Constitutions: la Constitution du 1^{er} août 1964 déjà citée, la Constitution du 24 juin 1967 du régime Mobutu, l'Acte constitutionnel de la Transition du 9 avril 1994, la Constitution de la Transition du 4 avril 2003 et la Constitution de la République Démocratique du Congo du 18 avril 2006. Si l'on exclut, parmi elles, celles ayant résulté des consensus entre états-majors politiques, à savoir celles de 1994 et 2003, il en reste trois qui ont pu faire l'objet d'une adoption formelle de la part du peuple, sous forme de référendum. On s'en tiendra à ces trois textes dans notre parcours constitutionnel postcolonial, bien qu'ils aient été appliqués de manière fort inégale.

Les dispositifs de 1964 ont connu une existence éphémère à cause du coup d'Etat de 1965 qui leur a imposé des correctifs précoces. Ce qui a abouti au texte constitutionnel de 1967. Ce dernier, en principe d'application pendant plus de trois décennies, a connu une quinzaine de révisions. C'est après la longue période d'interrègne constitutionnel, marquée par les transitions successives [41], que s'est imposée la Constitution actuelle au terme du dernier référendum constitutionnel, les 18 et 19 décembre 2005. Un essai d'histoire constitutionnelle du Congo, au cours de ce demi-siècle, est donc désormais possible [42].

La Constitution de Luluabourg, la première à avoir été produite par les Congolais eux-mêmes, composée de deux cent quatre articles regroupés en quinze titres, comportait quelque originalité. Elle s'ouvrait sur la description du drapeau et des armoiries, alors que la Loi Fondamentale ne comportait aucune allusion aux emblèmes du nouvel Etat [43]. Elle consacrait, ensuite, une section à la définition de la nationalité (art. 6 et 7); innovation qui s'est imposée après les premiers conflits identitaires qui avaient éclaté lors de la constitution des provinces du Kivu en 1963-64, particulièrement celle du Nord-Kivu et du Kivu cen-

tral [44]. Pour le reste, cette Constitution passait pour la confirmation de la prise en charge de l'héritage de la Loi Fondamentale. En effet, on y retrouve la même structure de l'Etat, le même fédéralisme sans la lettre avec un nombre plus important de provinces (vingt et une au lieu de six), le même régime parlementaire, la même organisation provinciale composée de vingt et une assemblées et gouvernements provinciaux, ces derniers étant toutefois dirigés par des gouverneurs et non par des présidents provinciaux.

Cette gestion fort éclatée de l'Etat, on l'a déjà dit, ne convenait pas à Mobutu, devenu chef de l'Etat par coup d'Etat, le 24 novembre 1965. Dès 1967, il préconisa la mise en place d'une nouvelle Constitution, qui s'émancipa de cette tradition d'origine belge. Avec ses septante-cinq articles regroupés sous neuf titres, cette «Constitution de la II^e République», promulguée le 24 juin 1967 après le référendum du 4 juin de la même année, instaura un régime présidentiel: le chef de l'Etat est élu au suffrage universel direct pour sept ans; il est responsable de ses actes; le multipartisme intégral est aboli au profit d'un bipartisme; le Parlement est composé d'une Chambre unique, l'Assemblée nationale; les provinces sont de simples entités administratives.

Quant à la nouvelle Constitution de la République Démocratique du Congo, elle est composée de deux cent vingt-neuf articles et de onze titres. Se présentant comme une synthèse des dispositions antérieures, elle s'offre sous une forme hybride, à la manière de l'œuvre de la CNS, reprenant à la fois des éléments de la Loi Fondamentale et de la Constitution de la II^e République. De cette dernière, elle a repris entre autres le principe du régime semi-présidentiel, puisque le chef de l'Etat est élu au suffrage universel direct, pour cinq ans et non sept; il nomme le premier ministre «au sein de la majorité parlementaire après consultation de celle-ci» et préside le Conseil des ministres. En revanche, en guise d'héritage de la Loi fondamentale, il existe deux Chambres; les provinces, au nombre de vingt-cinq (auxquelles s'ajoute la ville-province de la capitale), sont dotées de leurs gouvernements et assemblées; la nomenclature des compétences des deux instances, centrale et provinciale, est reproduite dans le texte constitutionnel, comme à l'accoutumée.

On aurait pu tenter ici un inventaire des innovations constitutionnelles spécifiquement congolaises de 1960 à nos jours, évaluer l'effort de prise en charge des équations qui ont émergé au cours de ce demi-siècle de postcolonie, les solutions constitutionnelles trouvées pour se prémunir de ces crises du passé. Un tel exercice reste à faire. Notre propos ne se limitera ici qu'à un aspect: celui d'évaluer le degré de résistance des innovations de la Loi Fondamentale sur les Constitutions subséquentes, celles de 1964, de 1967 et de 2006. Le sénateur Rolin, en son temps, les avait résumées en trois points: l'introduction de la structure fédérale, l'insertion du pouvoir coutumier dans la gestion de l'Etat, la protection contre l'instabilité de l'exécutif par l'instauration du régime parlementaire.

Le fédéralisme d'abord! Préconisé par la Loi Fondamentale, celui-ci s'est maintenu dans la trajectoire constitutionnelle nationale en conservant la forme et le fond originels, conscient de la nécessité de se prémunir contre des excès pouvant libérer des forces centrifuges. Ainsi, comme dans la Loi Fondamentale, les entités fédérées, dans la Constitution de 1964 et de 2006, sont des «provinces» et non des «Etats». La Constitution de 1964 est la seule à avoir tenté d'aller plus loin. Elle avait prévu, dans son article 178, le changement terminologique à partir de la troisième législature, pour passer du «Congo démocratique» au «Congo fédéral». Autrement dit, si ses dispositions avaient continué d'être d'application, les institutions fédérales en place depuis le 1^{er} août 1964 se seraient revêtues de la terminologie appropriée, au sein d'une «république fédérale du Congo» [45] à partir de 1975 ! L'innovation mobutiste, à la base de la Constitution de 1967, a précisément eu pour objet principal de contester ces dispositions et de ramener le Congo dans le giron du centralisme politique.

Au-delà de la domination des logiques autoritaires, le législateur de 2006 est visiblement proche de celui de 1964. L'un et l'autre ont repris à leur compte la distinction rigoureuse entre les attributions du «pouvoir central» et celles des «pouvoirs provinciaux». Entre les deux instances, les deux Constitutions semblent chaque fois avoir aménagé des espaces de dialogue, représentés par l'institutionnalisation d'un «Commissaire d'Etat» (Loi Fondamentale) ou d'une Conférence des gouverneurs présidée par le chef de l'Etat (Constitutions de 1964 et de 2006).

L'insertion dans les rouages politiques du pouvoir coutumier est visiblement une autre innovation émanant de la politique coloniale de l'administration indirecte. Cette préoccupation est demeurée quasi permanente dans les dispositifs du Congo postcolonial, de 1960 à nos jours. Déjà à la table ronde politique, siégeait une délégation de «chefs coutumiers». C'est la Loi Fondamentale qui, la première, instaura le principe de la cooptation des chefs coutumiers comme conseillers provinciaux (entendez députés provinciaux) mais aussi comme sénateurs [46]. Les mêmes dispositions furent conservées dans la Constitution de Luluabourg. Le régime de Mobutu n'a pas conservé cette clause, bien qu'elle ait été d'application de manière informelle [47]. La Loi de 2006, pour sa part, a prévu une disposition particulière pour «l'autorité coutumière» (art. 207). Ces «chefs» peuvent faire l'objet de cooptation comme membres de l'assemblée provinciale.

Plus complexe a été l'évolution de la situation initiale du régime politique. La tropicalisation du système de gouvernance belge — formé d'un roi irresponsable et d'un premier ministre responsable politiquement — avait conduit à un conflit historique qui a laissé bien des traumatismes. Surtout que le phénomène a connu un rebondissement en 1964, entre Kasa-Vubu et Tshombe, ouvrant la porte au coup d'Etat. Aussi, chefs de l'Etat et premiers ministres sont-ils toujours suspectés d'être en état de conflit! Les correctifs constitutionnels qui ont suivi, ont eu pour objectif de renforcer la position présidentielle et tenter de lui octroyer une base plus solide.

Sur ce point, la Constitution de Luluabourg, pourtant nettement de tendance parlementaire, avait innové par rapport à la Loi Fondamentale. Au lieu d'être élu uniquement par le parlement réuni en congrès, cette Constitution avait préconisé l'élargissement aux membres des assemblées provinciales. La Constitution de 1967 a rompu avec cette tradition en inaugurant la tradition de l'élection présidentielle au suffrage universel direct, en même temps qu'elle optait pour un exécutif unique. Et, pour une fois, la Constitution de 2006 s'est alignée sur la tradition de 1967: elle a repris à son compte le principe des élections présidentielles au suffrage universel direct et non celle de 1964, avec cette nuance importante que ce fut le premier scrutin pluraliste.

Conclusion

Jean Stengers a justifié la stabilité institutionnelle de la colonie belge par la permanence des idées véhiculées par la Charte coloniale, cet outil constitutionnel qui fut mis au point pendant deux ans, de 1906 à 1908 [48]. On peut considérer que la Loi Fondamentale, bien que produite en un temps beaucoup plus bref, s'est imposée également par la permanence des idées qui la sous-tendaient, fondées sur le principe, inventé à la table ronde politique de 1960, d'un «Congo uni mais largement décentralisé». Cette expression est encore et toujours d'usage, en lieu et place du terme sensible de «Congo fédéral». Cette position médiane justifie l'existence de la contradiction apparente qui caractérise le système constitutionnel congolais; il s'agit en réalité d'un garde-fou permettant d'avance de se prémunir contre les effets pervers des dispositifs adoptés. Ainsi, les «provinces», par peur de réveiller les démons de la balkanisation, sont arrêtées dans leur élan de s'assumer pleinement comme «Etats fédérés» [49].

On est donc porté à croire que c'est cette option de décentralisation qui s'est inscrite dans la mémoire constitutionnelle de l'ancien Congo belge, même si, en définitive, elle n'a jamais été réellement d'application à cause des trois décennies du régime de Mobutu qui ont occupé, avec la longue transition, pratiquement tout l'âge postcolonial.

Voilà pourquoi la mise en œuvre du régime des provinces gérées politiquement, comme préconisé à nouveau dans la présente Constitution de 2006, est, malgré l'antériorité de l'idée, un saut dans l'inconnu. C'est le régime centralisé qui a toujours été d'application. Le «retour» au modèle d'organisation décentralisé se présente comme la mise en expérimentation d'un système préconisé dès la table ronde politique, qui fut coulé sous forme de loi, sans jamais avoir été mis en œuvre. Le Congo serait donc à nouveau au seuil d'une évolution inédite, à moins que ce tournant ne soit le début d'une trajectoire qui conduira à de nouvelles révisions, comme dans le passé. Dans ce cas de figure, on serait dans un processus de changement dans la continuité, où la décentralisation demeurerait de l'ordre de la rhétorique et la centralisation, de celui de la pratique concrète.

L'héritage de la Loi Fondamentale s'est donc fort bien véhiculé, y compris dans son échec d'instaurer le fédéralisme au Congo et d'y faire prévaloir un régime parlementaire à la belge [50]. En somme, malgré son apparente complexité et le nombre de textes produits, le parcours constitutionnel du Congo se présente jusqu'ici comme un effort de mise en œuvre des prescrits de la Loi Fondamentale; prescrits soumis à une succession de toilettes au regard des expériences concrètes auxquelles ils ont été confrontés au cours du temps.

Désormais patrimoine constitutionnel de la RDC, cette innovation coloniale aurait donc été réinventée par les Congolais au cours des cinquante dernières années. Et ce processus ne serait pas clos [51].

NOTES ET REFERENCES

- [1] Il ne sera question, dans cette étude, que de la Loi Fondamentale relative aux structures du Congo, qualifiée généralement de «Loi Fondamentale».
- [2] A. Mbembe, *De la postcolonie. Essai sur l'imaginaire politique dans l'Afrique contemporaine* (Paris, Karthala, 2000).
- [3] Cf. J. Gérard-Libois & B. Verhaegen, *Congo 1960* (Bruxelles, CRISP, 1961, 2 tomes).
- [4] Il est reconnu comme étant les épisodes dits de la «crise congolaise» (I. Ndaywel è Nziem, *Nouvelle histoire du Congo. Des origines à la république démocratique*, Bruxelles-Kinshasa, Le Cri-Afrique éditions, 2009, pp. 469-513).
- [5] L'intervention des troupes métropolitaines, quelques jours après l'indépendance, sans accord préalable du gouvernement congolais, fut ressentie comme une «agression», à la base de la rupture des relations diplomatiques le 14 juillet 1960 (Cf. J. Van Lierde, *La pensée politique de Patrice Lumumba*, Paris, Présence Africaine, 1963, pp. 211-212).
- [6] Cf. *Annales parlementaires* – Chambre des Représentants et Sénat: *Compte rendu analytique* (du 30 mars au 18 mai 1960). Je remercie le sénateur Pierre Galand de m'avoir facilité la consultation de ces documents, ainsi que sa secrétaire, Mme Christine Massemin, qui m'a apporté toute l'assistance nécessaire.
- [7] G.-H. Dumont, *La table ronde belgo-congolaise* (Paris, Editions Universitaires, 1961).
- [8] Dans un texte autobiographique, il explique comment son compte rendu de la conférence, parce que trop volumineux et trop peu formel, n'a pas été accepté par le ministère du Congo belge et du Ruanda-Urundi. On lui demanda de le publier comme livre, sous sa propre responsabilité (G.-H. Dumont, *1958-1960. De la paix scolaire à la tourmente congolaise*, Bruxelles, Le Cri, 1995, p. 199).
- [9] Cf. F. Vundwawe te Pemako, *Traité du droit administratif* (Bruxelles-Kinshasa, Larcier-Afrique éditions, 2007); I. Ndaywel è Nziem (éd.), *La Constitution de la III^e République du Congo-Zaïre adoptée par la CNS* (Kinshasa, L'Harmattan, 2002, 2 vols).
- [10] Organisée à Bruxelles, du 20 janvier au 20 février 1960, la conférence dite de la Table Ronde politique a réuni 27 parlementaires belges (10 du parti socio-chrétien, 7 du parti libéral et 10 du parti socialiste) et 81 délégués congolais (dont 11 chefs coutumiers, 62 représentants de 48 partis politiques).

- [11] Cf. M. Halewyck, *La Charte coloniale. Commentaire de la Loi du 18 octobre 1908 sur le gouvernement du Congo belge* (Bruxelles, tome 1, 1910; tome 2, 1914; tome 3, 1919).
- [12] *Id. ibid.*, tome 1, p. 1. L'application de ce dispositif, au cours de l'évolution coloniale, ne fut pas sans ambiguïtés. Comme l'a démontré G. Vanthemshe (*La Belgique et le Congo: nouvelle histoire de Belgique*, vol. 4, Bruxelles, éd. Complexe, 2007), la colonie a souvent volé au secours des finances de la métropole.
- [13] L'art. 257 de la Loi Fondamentale précisa que cette abrogation prenait cours... à la date du 30 juin. Entre le 19 mai et le 30 juin, le Congo était encore régi par la Charte Coloniale.
- [14] Il s'agit de la loi instituant des Collèges exécutifs permanents au niveau central et provincial. Au crépuscule de l'âge colonial, d'autres innovations se constatèrent au niveau de la gestion gouvernementale du «dossier Congo»: l'ancien poste de «ministre des Colonies» (dont le dernier titulaire fut Léon Pétillon) avait disparu au profit de trois autres, au cours du gouvernement Gaston Eyskens III (du 6 novembre 1958 au 3 septembre 1960) qui géra la décolonisation du Congo. Il eut simultanément un «ministre du Congo et du Ruanda-Urundi» (qui devint, le 23 juin 1960, ministre des Affaires africaines), un «ministre sans portefeuille chargé des affaires économiques et financières du Congo belge et Ruanda-Urundi» à partir du 17 novembre 1959, puis, du 16 mai au 20 juillet 1960, un «ministre sans portefeuille chargé des affaires générales en Afrique» appelé plus couramment «ministre résidant au Congo». Par souci de réciprocité, Lumumba nommera également dans son gouvernement un «ministre résidant en Belgique».
- [15] J. Gérard-Libois & B. Verhaegen, *op. cit.*, p. 176.
- [16] Cette hypothèse aurait nécessité, au vu de l'art. 62, l'assentiment des deux Chambres belges donné aux deux tiers des voix. Au nom des mêmes principes, le même parlement avait donné son accord en 1885 pour que Léopold II soit également le souverain du Congo.
- [17] A la plénière, bien qu'il n'y ait pas eu de vote, la plupart des délégations congolaises se prononcèrent en faveur de cette formule. Mais on préféra, vu l'importance de la question, laisser le soin aux futures Chambres congolaises d'en décider. Finalement, les Chambres ne traitèrent pas la question (J. Gérard-Libois & J. Heinen, *Belgique-Congo 1960*, Bruxelles, CRISP, 1989, pp. 74-75). Un chef d'Etat congolais fut élu le 24 juin 1960.
- [18] C. Young, *Introduction à la politique congolaise* (Kinshasa-Kisangani-Lubumbashi, Editions Universitaires du Congo, 1968, p. 306).
- [19] Loi du 19 mai 1960, *Moniteur belge - Belgisch Staatsblad*, n°127-128, 27-28 mai 1960, pp. 3988-4012.
- [20] L'art. 225, portant sur des dispositions transitoires, a toutefois prévu des procédures particulières au cas où le gouvernement central et/ou le gouvernement provincial ne seraient pas constitués au 30 juin 1960.
- [21] Chambre des Représentants, *Compte rendu analytique*, 489 (1959-1960), n° 3, pp. 2-3.
- [22] Sénat de Belgique, 527 (1959-1960), séance du 17 mai 1960, pp. 2-4.
- [23] Nous savons qu'une telle démarche n'a pu avoir lieu. C'est implicitement qu'il faut considérer que la Loi Fondamentale avait été adoptée par le Parlement congolais.

- [24] Dans une lettre de protestation au Président Kasa-Vubu au sujet de la Convocation qu'il fit du parlement en juillet 1961 à Lovanium, un groupe de parlementaires katangais s'est attaqué, le 19 juin, à cette décision, parce que... «la Loi Fondamentale s'est révélée inapplicable et caduque»; la déclaration a énoncé le fait qu'elle «aurait dû être ratifiée par le parlement congolais» (B. Verhaegen, *Congo 1961*, Bruxelles, CRISP, 1962, pp. 292-293).
- [25] Sénat, séance du 18 mai, Compte rendu analytique, pp. 520-521.
- [26] Un juriste belge, Jean Salmon, a étudié ce «cas» («La nature juridique de l'Etat Indépendant du Congo et des entités qui l'ont précédé», in *Le Centenaire de l'Etat Indépendant du Congo*, Bruxelles, ARSOM, 1988, pp. 147-182). Jean Stengers, pour sa part (*Congo: mythes et réalités. 100 ans d'histoire*, Paris-Louvain-la-Neuve, Duculot, 1989, pp. 92-116), a décelé cinq éléments de spécificité de cet Etat: l'organisation politique, les principes d'organisation économique, le système d'exploitation des produits domaniaux, la mise à disposition de ses ressources publiques au service d'un pays européen.
- [27] Cette précision aurait été réelle si le Parlement congolais avait procédé, comme prévu, à l'adoption de la Loi Fondamentale avant le 30 juin. Tel ne fut pas le cas ni avant ni après le 30 juin.
- [28] Chambre des Représentants, Compte rendu analytique, 489 (1959-1960), n°3, pp. 6-8.
- [29] Cf. J. Van Bilsen, *Vers l'indépendance du Congo et du Ruanda-Urundi* (Tournai, Casterman, 1958, p. 6); A. Doucy, «Sociologie coloniale et réformes de structure au Congo belge», in *Revue de l'Université Libre de Bruxelles*, 2-3 (1957): 212-229; P. Coppens, *Anticipations congolaises* (Bruxelles, Editions techniques et scientifiques, 1956). Voir aussi, dans le même sens, J. Sepulchre, *Propos sur le Congo politique de demain: autonomie et fédéralisme* (Elisabethville, Editions de l'Essor du Congo, 1958).
- [30] Le parti Balubakat refusa de siéger lors de la constitution du gouvernement du Katanga. Sans la présence de ce parti, le quorum de l'assemblée ne pouvait légalement être atteint. Il fut unilatéralement réduit à la moitié des membres pour pouvoir siéger (C. Kabuya Lumuna Sando, *Nord-Katanga 1960-1964. De la sécession à la guerre civile*, Paris, L'Harmattan, 1992, pp. 97-99).
- [31] Le feuilleton de formation de gouvernement se présente comme suit: le 13 juin, Lumumba fut nommé informateur pour la formation du gouvernement, mais échoua dans sa mission; Kasa-Vubu, nommé formateur le 17, n'y parvient pas non plus. Le 22, Lumumba est nommé formateur et parvient à former un gouvernement qui obtient l'investiture des Chambres.
- [32] Janssens (*op. cit.*, pp. 189-191) accuse Lumumba de n'avoir jamais osé faire cette déclaration, malgré son instance, le 23 avril et surtout le 23 juin.
- [33] Le 5 août, la Constitution du Katanga indépendant (rédigée par le professeur Clemens, de l'Université de Liège) est promulguée; le 22 septembre, la *katangaise* devient l'hymne national du nouvel Etat (M. Lwamba Bilonda, «L'évolution du gouvernement du Katanga, du 16 juin 1960 au 14 juin 1963», in *Likundoli* (Lubumbashi), XVIII (1-2-2002): 5-42).
- [34] Maintenu en résidence forcée chez lui, Lumumba s'en échappa le 27 novembre et fut arrêté par la suite. Le 17 janvier 1961, il sera assassiné au Katanga. Sur «l'affaire Lumumba», prendre connaissance des lectures récentes rendant compte des débats

- belgo-belges (J. Brassine, & J. Kestergat, *Qui a tué Lumumba?*, Louvain-la-Neuve, Duculot, 1991; L. De Wille, *L'assassinat de Lumumba*, Paris, Karthala, 2000; L. De Vos et al., *Les secrets de l'affaire Lumumba*, Bruxelles, éd. Racine, 2005).
- [35] C'est pour corriger cette erreur que l'ordonnance de révocation, non plus de l'ensemble du gouvernement mais du premier ministre et de quelques ministres, fut contresignée par deux ministres, J. Bomboko et A. Delvaux. Même ces deux ministres, qui se rendirent «responsables» de la décision présidentielle, n'en auraient pas été informés préalablement (J.-C. Willame, *Patrice Lumumba. La crise revisitée*, Paris, Karthala, 1990, p. 395).
- [36] Albert Kalonji, leader du Sud-Kasaï, explique qu'il avait été poussé à faire sécession par la Minière de Bakwanga qui lui demanda de s'arranger pour qu'elle ne soit pas en situation de payer une seconde fois les redevances qu'il lui payait (A. Kalonji Ditunga Mulopwe, *Congo 1960. La sécession du Sud-Kasaï. La vérité du Mulopwe*, Paris, L'Harmattan, 2005, pp. 115-116).
- [37] I. Ndaywel è Nziem, *Histoire générale du Congo*, Louvain-la-Neuve, Duculot; Kinshasa, Afrique Editions, 1998, pp. 631-636.
- [38] J. Beys et al. (éds), *Congo 1963* (Bruxelles-Léopoldville, CRISP-INEP, 1964, pp. 166-167).
- [39] L'Union Générale des Etudiants Congolais (UGEC) refusa d'y prendre part.
- [40] Sur le résultat du référendum, voir J. Gérard-Libois & J. van Lierde (éds), *Congo 1964* (Bruxelles-Léopoldville, CRISP-INEP, 1965, pp. 111-112).
- [41] I. Ndaywel è Nziem, *Nouvelle histoire du Congo. Des origines à la république démocratique* (Bruxelles-Kinshasa, Le Cri-Afrique éditions, 2009, p. 577).
- [42] Notre étude sur la Constitution produite par la Conférence nationale souveraine (*La Constitution de la III^e République du Congo-Zaïre...*) contient, dans ses annexes, les textes de la Constitution de 1964, de 1967 et de 1994). Voir aussi F. Vundwawe te Pemako, *op. cit.*, pp. 194-209.
- [43] C'est le Collège exécutif général qui adopta la modification du drapeau: celui hérité de l'AIA fut orné de six petites étoiles d'or s'alignant en bordure de la hampe. Le 30 juin, il n'y eut pas d'hymne national propre au Congo indépendant. Le «Debout Congolais» du Père Boka fut composé plus tard.
- [44] Il s'agit des révoltes dites «Kanyarwanda» (littéralement, «fils du Rwanda») (J.-C. Willame, *Banyarwanda et Banyamulenge: violences ethniques et gestion de l'identitaire au Kivu*, Bruxelles-Paris, Institut africain CEDAF-L'Harmattan, 1997, p. 49).
- [45] Repris en son temps par la Conférence nationale souveraine (novembre 1992), le projet d'une «république fédérale du Congo» n'a plus jamais été évoqué lors des multiples conférences de Sun City et de Prétoria (2002), pour reconstituer l'unité politique de la RDC.
- [46] Son article 75 stipule: «L'un des six sénateurs représentant chaque province est un chef coutumier ou un notable élu en cette qualité».
- [47] Dans le Comité central du MPR, siégeaient également des «chefs coutumiers» comme le roi kuba et le Mwant Yav lunda.
- [48] J. Stengers *op. cit.*, pp. 180-183.
- [49] Dans la Constitution de 2006, voir le chapitre 2 consacré aux «provinces» (pp. 63-71) Cf. «Constitution de la République Démocratique du Congo», in *Journal Officiel de la RDC* (n° spécial), Kinshasa, 2006.

- [50] Le régime parlementaire congolais aurait la particularité de cohabiter avec le régime semi-présidentiel. Le Président de la République est élu au suffrage universel direct (art. 70), mais le gouvernement obtient son investiture à l'Assemblée nationale (art. 90) («Constitution de la République Démocratique du Congo», *op cit.*).
- [51] Léon de Saint Moulin estime que l'actuelle Constitution serait encore trop extravertie et ne prendrait pas suffisamment en compte les réalités nationales (L. de Saint Moulin, «Projet de Constitution de la RDC: dimension sociale», in *Congo-Afrique*, 397 (sept. 2005): 84-94).

Geographic and Historical Patterns of Reforestation*

by

Patrick MEYFROIDT** & Eric LAMBIN***

KEYWORDS. — Reforestation; Forest Transition; Tropical Forest; Forest Plantation; Secondary Forest.

SUMMARY. — The concept of forest transition refers to a change at a national scale from decreasing to expanding national forest areas — *i.e.*, from net deforestation to net reforestation — which has taken place in several European countries, in North America and, more recently, in China, India, Vietnam, Costa Rica, among others. Three broad forms of reforestation occur throughout the tropics: natural regeneration on abandoned land, forest plantations, and agroforestry systems. Forest transitions either result from a response to a decline in the provision of ecosystem services following a depletion of natural resources, or are associated with socio-economic changes that are independent from ecological systems. We review historical and geographic variations in patterns of reforestation worldwide and highlight the multiple pathways of forest transitions.

Introduction

Reforestation has recently emerged as an important issue for a sustainability transition. Firstly, tropical landscapes are very dynamic and many areas deforested or degraded at a time are abandoned later. Secondly, global efforts over the past thirty years largely failed to curb deforestation (RUDEL 2009a). Creating forest plantations and restoring natural or semi-natural forests on abandoned land are thus potentially significant ways to respond to deforestation and forest degradation (LAMB *et al.* 2005, CHAZDON 2008). FAO defines reforestation narrowly as the “establishment of forest plantations on temporarily unstocked lands that are considered as forest”, contrasted with the transformation from non-forest to forest through afforestation — the “establishment of forest plantations on land that, until then, was not classified as forest” — or natural expansion of forest — the

* Lecture given at the Academic Opening Session held on 10 October 2009. Text received on 21 October 2009.

** Department of Geography, University of Louvain, place Pasteur 3, B-1348 Louvain-la-Neuve (Belgium).

*** Member of the Academy; Department of Geography, University of Louvain, place Pasteur 3, B-1348 Louvain-la-Neuve (Belgium).

“expansion of forests through natural succession on land that, until then, was under another land use (*e.g.*, forest succession on land previously used for agriculture)” (FAO 2004). In this paper, reforestation is used for these three forms of forest cover change. The objective of this paper is to review historical and geographic variations in patterns of reforestation worldwide.

The rates of gross forest regrowth between 1990 and 1997 were estimated by remote sensing at respectively 0.20 ± 0.11 , 0.14 ± 0.11 and 0.53 ± 0.25 Mha per year for Pan-Amazon, Africa and Southeast Asia (ACHARD *et al.* 2004). It is difficult to assess the total area covered by naturally regenerating forests. It requires remote-sensing observations at high spatial and temporal resolutions to separate gross deforestation from net deforestation and thus isolate reforestation (RAMANKUTTY *et al.* 2007). Secondary forest commonly refers to “forest regenerated largely through natural processes after significant human or natural disturbance of the original forest vegetation”, thus including forest regenerating after agriculture but also forests impacted by logging (BROWN & LUGO 1990, FAO 2004). Secondary forests were estimated to represent around 600 Mha in 1980 or half of the forests in the tropics (BROWN & LUGO 1990). The area of secondary forest regenerating after clearance in the Brazilian Amazon increased from 2.9 to 16.9 Mha between 1972 and 2002, thus representing 12.6 % of the forest area at that time (NEEFF *et al.* 2006).

Forest plantations are comparatively easier to monitor. FAO (2006) reported 140 Mha of forest plantations worldwide in 2005, of which 12.0 Mha were located in South and Central America and the Caribbean, 4.9 Mha in sub-Saharan Africa and 16.6 Mha in South and Southeast Asia. In these three regions, forest plantation area increased respectively by 3.7, 1.6 and 5.3 Mha between 1990 and 2005.

Forest Transition: Concept

A common misconception is to assume that rates of deforestation observed over recent decades are good predictors of future deforestation. Recently, nonlinear dynamics in forest cover changes have received growing interest (KAUPPI *et al.* 2006). While, at present, deforestation mostly affects tropical and equatorial regions, it used to be widespread in Europe and other now developed parts of the world. In the past, some states succeeded in stopping deforestation and even extending their forest cover. This shift from net deforestation to net reforestation at national or regional scale has been called the “forest transition” (MATHER 1992). Understanding these forest transitions may provide lessons for a broader transition to more sustainable land use.

Forest transitions took place in many temperate countries over the last centuries. A few cases of forest transitions in tropical countries have also been identified, mainly in Latin America. The documented cases, along with the main char-

acteristics of the transitions, are summarized in table 1 (see also RUDEL *et al.* 2005, KAUPPI *et al.* 2006). Although forest transition theories are suited to explain turnarounds at relatively large spatial scales — countries or regions —, other cases of subnational or local forest regrowth have been studied (tab. 2) (for Latin America, see also GRAU & AIDE 2008, HECHT 2008).

Table 1
Historical and contemporary cases of forest transitions

Case	References	End of significant deforestation period	Turning point	Start of significant forest recovery	Forest cover at turning point (%)	Pathways			
						ED	FS	GL	ST
Austria	KRAUSMANN (2001)		c. 1880		c. 40	X			
Belgium	PETTIT & LAMBIN (2002a,b)		Around the mid-19th century		?	X	X		
Czechia	BICIK <i>et al.</i> (2001)		Before 1845	After 1897	c. 29	X			
Denmark	MATHER <i>et al.</i> (1998a)		1800-1810	After 1860	c. 4	(X)	XX		
European Russia	KAUPPI <i>et al.</i> (2006)		1930s		c. 28				
Finland	MYLLYNTAUS & MATTILA (2002)		c. 1900		< 86		(X)	(X)	
France	MATHER <i>et al.</i> (1999)		c. 1830		c. 13	X	X		(X)
Great Britain	ALDHOUS (1997), OSBORN (2003)	17-18th century	c. 1925		c. 5	(X)	X	/	
Hungary	MATHER (1992)		Between 1800 and 1925		< 12				
Ireland	RUDEL <i>et al.</i> (2005)	??	c. 1920-1930		c. 0	X			
Portugal	KAUPPI <i>et al.</i> (2006)		Before 1870		c. 7				

Case	References	End of significant deforestation period	Turning point	Start of significant forest recovery	Forest cover at turning point (%)	Pathways			
						ED	FS	GL	ST
Scotland	MATHER (2004), RUDEL <i>et al.</i> (2005)	17th century	c. 1750	1900-1920	c. 5 or less	-	X	/	
Slovenia	PETEK (2002)		Before 1896		40				
Switzerland	MATHER & FAIRBAIRN (2000)		19th century, before 1860	1860 or before	< 20	X	X		
Bangladesh	SALAM <i>et al.</i> (1999), IFTEKHAR & HOQUE (2005), RUDEL <i>et al.</i> (2005), SIN <i>et al.</i> (2007), FAOSTAT	Before 1990	No	No			X		
Bhutan	FAO (1999b), MEYFROIDT & LAMBIN (2009a)		1975-1990 ?		c. 65				X
China	ZHANG <i>et al.</i> (2000), ZHANG (2000), WENHUA(2004), MATHER (2007), WANG <i>et al.</i> (2007), XU <i>et al.</i> (2007), SONG & ZHANG (2009)	1970s			c. 13	X	X	X?	
India	FOSTER & ROSENZWEIG (2003), CHHABRA <i>et al.</i> (2002), CHHABRA & DADHWAL (2004), MATHER (2007), DEDRIES & PANDEY (2009)		1950-1980	No	15-20		X		

Case	References	End of significant deforestation period	Turning point	Start of significant forest recovery	Forest cover at turning point (%)	Pathways			
						ED	FS	GL	ST
New Zealand	RUDEL <i>et al.</i> (2005), STUBBS (2008), WOOD & PAWSON (2008), KNIGHT (2009)		?		?	X	X	X	
Peninsular Malaysia	HENSON (2005)	c. 1996	No	No					
South Korea	KLOCK (1995), KIM & KIM (2005), YOUNG (2009), YOUNG & KWANG-II (2009)		1945-1960		10-30	(X)	X		
Thailand	WANNITIKUL (2005), LEBLOND (2008)	1990s	No	No		X	X	(X)	X
Japan – early modern	TOTMAN (1982, 1986)		18th century		?		X		
Japan – modern	KNIGHT (2000), TSUTSUI (2003), KAUPPI <i>et al.</i> (2006)		1950s-1960s		50-60		X	(X)	
Costa Rica	KLEINN <i>et al.</i> (2002), KULL <i>et al.</i> (2007)		c. 1990		20-30	X	X	X	
Cuba	RUEL <i>et al.</i> (2005), FAOSTAT		Before 1990		c. 19				
Dominican Republic	AIDE & GRAU (2004), RUDEL <i>et al.</i> (2005), FAOSTAT		Before 1990	No	c. 28				
El Salvador	HECHT <i>et al.</i> (2006), HECHT & SAATCHI (2007)		1980s-1990s		?	X		X	

Case	References	End of significant deforestation period	Turning point	Start of significant forest recovery	Forest cover at turning point (%)	Pathways			
						ED	FS	GL	ST
Puerto Rico	RUDEL <i>et al.</i> (2000), GRAU <i>et al.</i> (2003, 2004), LUGO & HELMER (2004)		1950		c. 9	X	-	X	-
United States (48 conterminous states)	CLAWSON (1979), PISANI (1985, 1993), FOSTER (1992), FOSTER & GLENN MOTZKIN (1998), RUDEL (2001)	1920	1920	1945	c. 24	X	X		
United States (all)	MACCLEERY (1994), HOUGHTON & HACKLER (2000)	1920	1920	No	c. 27	X	X		
Gambia	RUDEL <i>et al.</i> (2005)		?		?				
Morocco	RUDEL <i>et al.</i> (2005)		?		?				
Rwanda	RUDEL <i>et al.</i> (2005)		?		?				

Notes: if no date is given for the end of the deforestation period and/or the start of the forest recovery period, they directly precede and/or follow the turning point. Pathways of reforestation: ED: economic development path; FS: forest scarcity path; GL: prominent role of globalization; ST: prominent role of state policies driven by motives outside the forest sector. The following symbols are used: X: the pathway contributed to the forest transition; (X): the pathway contributed slightly, or some modified form of the pathway contributed to the forest transition; -: the pathway did not contribute to the forest transition; /: forces associated with the pathway hindered or delayed the transition. No symbol indicates a gap in our knowledge. c.: circa.

Table 2
Recent studies of reforestation in the tropics

Case	References
Brazilian Amazon	PERZ & SKOLE (2003a,b)
Chile	CLAPP (2001)
Ecuadorian Amazon	RUDEL <i>et al.</i> (2002a)
Honduras	SOUTHWORTH & TUCKER (2001), NAGENDRA <i>et al.</i> (2003)
Mexico	KLOOSTER (2003), BRAY <i>et al.</i> (2004), BRAY & KLEPEIS (2005)
Nepal	NAGENDRA <i>et al.</i> (2005), NAGENDRA (2007)
Panama	SLOAN (2008)
Southern Brazil Atlantic forest	BAPTISTA & RUDEL (2006), BAPTISTA (2008), RODRIGUES <i>et al.</i> (2009)

Historical Forest Transitions in Europe and the United States

In historical analyses of European cases, MATHER and his colleagues (1992, 1998a, 1999, 2000, 2001, 2004) described a forest transition as a broad set of interrelated economic, political, institutional, and cultural processes in the agricultural, forestry and energy sectors. They emphasized the historical contingencies of forest transitions and the various combinations of multiple factors, broadly identified as active and passive factors.

In many countries, there was a scarcity of forest products — because of deforestation and the growing demand of the industrial, mining and construction sectors — and of food. A perception of ecological crisis related to alleged links between deforestation and catastrophic floods, soil erosion, landscape denudation and other problems led to growing concern among the civil society's scientists and governments (FREEMAN 1994, ANDREASSIAN 2004), but also romantic artists (PINCETL 1993). Rising modern nation-states seeking control of the land and forest resources engaged in broad reforms, sometimes by relying on and promoting this crisis narrative (SIMON *et al.* 2007). The pre-industrial and pre-modern multipurpose forests, intermingled with woodlands and other vegetation covers, was used by local smallholders for collection of timber, coppice, fuelwood, fodder and other products, rough grazing, hunting, long fallows and other purposes (JOHANN 2007).

With the rise of the Enlightenment spirit and “scientific” silviculture, governments and interest groups — among which foresters — pushed for a more “rational” organization of rural spaces and production modes (PINCETL 1993, JOHANN 2007). Through reforms of land tenure and forestry codes, the pre-industrial forests and common lands were thus enclosed and replaced by private plots of industrial, single-use forest destined to produce timber intensively for urban and industrial needs (SIMON *et al.* 2007, SIISKONEN 2007). Set-aside,

artificial regeneration and afforestation programmes and activities, sometimes massive, were implemented to produce timber and solve perceived ecological problems (BURGI & SCHULER 2003). Similarly, in order to fight poverty, fulfil the food needs and rationalize the use of so-called “wastelands”, efforts and laws were used to intensify agriculture. Technological changes allowed for improved pastures and fallows, the introduction of new crops such as potatoes, and increased cereal yields (PETTIT & LAMBIN 2002b). More food could thus be produced on a smaller area, allowing some land to be reverted to forest. Improved transportation networks also decreased the necessity for local self-sufficiency.

Although total population was still increasing, rural exodus accompanying the industrial revolution led to a decline in rural population, at least in many marginal regions. In many cases, forest area and cropland were both expanding during several decades after the transition, as areas of heathland, moorland and marshland were converted (PETTIT & LAMBIN 2002a,b). Progressively, substitution of fuelwood by coal and other fuels decreased the pressure on forests (MYLLYNTAUS & MATTILA 2002).

In many respects, the forest transition in the United States is similar to the European ones, occurring through a regional diffusion from the Eastern coast to the South and the West (CLAWSON 1979; PISANI 1985, 1993; FOSTER 1992; MACCLEERY 1994; HOUGHTON & HACKLER 2000; RUDEL 2001). In New Zealand, land abandonment due to the international competition on agricultural markets (WOOD & PAWSON 2008), timber shortages (STUBBS 2008) and responses to alleged links between deforestation and floods (KNIGHT 2009) contributed to the forest transition in the early 20th century.

Overall, these historical studies showed that forest transitions were driven by structural factors but also contingent crises, personal agency of key individuals and changes in environmental perception. In particular historical cases, forest transitions were caused by demographic or societal collapses — *e.g.*, in France in the 14th century (MATHER *et al.* 1999) and in the Classic Lowland Maya collapse (HUGUES 2001). In other cases, deforestation was followed by a long-term denudation of the land without reforestation — *e.g.*, in Iceland (ARNALDS 1987; BLONDAL 1987; DUGMORE *et al.* 2006, 2009) and in the Mediterranean (HUGHES & THIRGOOD 1982, REDMAN 1999, RUDEL *et al.* 2005). Forest transitions are thus contingent rather than being fixed and deterministic patterns of land-use change.

The Economic Development and Forest Scarcity Pathways

Based on historical studies and economic approaches, RUDEL (1998) and RUDEL *et al.* (2005) distinguished two broad pathways of forest transition, which are not mutually exclusive: the economic development path and the forest scarcity path. The former is associated with three processes: (i) industrialization and the tertiarization of the economy that pull the labour force away from rural areas

to cities, (ii) agricultural intensification that reinforces this trend by increasing food production and profitability in the most suitable regions of a country, and (iii) market networks that accelerate depopulation and agricultural decline in the least suitable regions. According to this economic development path, the spatial pattern of agriculture at the national scale is thus expected to better match land suitability. Forests are expected to regrow in marginal regions, especially those that are well connected to economic centres and to agriculturally productive regions (MATHER *et al.* 1998b). On a global scale, the role of agricultural intensification in this process is sometimes referred to as the Borlaug hypothesis (ANGELSEN & KAIMOWITZ 2001).

In the second pathway of forest transition, deforestation caused by agricultural expansion or wood extraction creates a scarcity of forest products and decreases the ability of forests to deliver ecosystem goods and services. Increasing demand for wood products due to economic growth may reinforce this scarcity. The economic response by landowners includes tree planting and more intensive forest management (HYDE *et al.* 1996). Thanks to forestry intensification, timber needs can be satisfied from limited areas of forest plantations, thus saving the remaining forests from exploitation pressure (SEDJO & BOTKIN 1997). This is similar in the forestry sector to the Borlaug hypothesis in agriculture. Forest scarcity also produces cultural and political responses, inducing governments to implement policies to restrict forest exploitation, promote more sustainable management practices and fuelwood substitution, and invest in forestry research and reforestation programmes. According to this forest scarcity path, reforestation is therefore expected to occur in regions with a low forest cover, a poor land suitability for agriculture and good connections to distant markets — *i.e.*, where developing forestry is most profitable.

Regional and Historical Variations

Paths and patterns of deforestation vary historically and geographically (LAMBIN & GEIST 2003, RUDEL 2007), and the same should be expected from forest transitions (PERZ 2007a). Using cross-country regressions, RUDEL *et al.* (2005) presented evidence that the forest scarcity pathway might be more prominent in densely populated and comparatively poorer countries of Asia, while the economic development pathway might be more prominent in comparatively richer and less densely populated countries of the Americas. With a more in-depth analysis, these two pathways seem to be insufficient to explain contemporary forest transitions (MATHER 2007, HECHT 2008). Two interrelated factors may explain this. The first is globalization — the global integration of markets, but also internationalization of ideas and cultures. Latecomers experience urbanization and economic development differently than the first countries to develop, and these processes are thus likely to affect forests differently through time (RUDEL 1998, PERZ 2007a, HECHT

2008). With globalization, the pace of social change is accelerating (RUDEL & HOOPER 2005). The second factor relates to the variability of local political and biophysical contexts. Initial forest transition theories were developed mainly to explain processes in temperate Western countries, characterized by rising modern nation-states and forming the core of the world system (WALLERSTEIN 1974; CHIROT & HALL 1982; PERZ 2007a,b). RUDEL (1998) suggested that, worldwide, industrialization became less important in explaining reforestation in the second half of the 20th century, while afforestation becomes more important. Indeed, an increasing share of the contemporary reforestation occurs by deliberate plantation of trees (RUDEL 2009a). This could be related to a growing scarcity in forest products at a global scale as well as to the effects of environmental globalization (see below).

Globalization in Latin America

International trade was already an important factor in historical forest cover changes in Europe. In Great Britain, timber exploitation for the nascent industrialization had brought forest cover to very low levels — around 5 % — already in the 17th-18th centuries. At that time, it was a sign of progress, as an industrialized nation gained advantages in buying timber abroad and developing other activities (OSBORN 2003). Great Britain became thus almost completely dependent on timber imports from European and global markets, and reforestation did not occur. It was only when the First World War cut timber imports and precipitated an acute crisis of timber scarcity that reforestation became a stated and implemented goal (WEST 2003, MATHER 2004). Empires had developed extensive colonial forestry in the tropics (VANDERGEEST & PELUSO 2006). But the role of colonialism and globalization in European forest transitions, although acknowledged (WALKER 2008), remains unclear.

In contemporary tropical countries, although globalization is associated with deforestation in many contexts (RUDEL 2002, GRAU & AIDE 2008), it can also promote forest transition in others. In Puerto Rico, US policies created cash transfers to favour the development of industrial facilities oriented towards exports, and promoted the replacement of local food by imports (RUDEL *et al.* 2000, GRAU *et al.* 2003). An increasingly urban and educated population engaged in the global markets of manufacturing and services, and land was abandoned (PARES-RAMOS *et al.* 2008). In El Salvador, the civil war in the 1980s ravaged rural areas, driving people into the cities and drastically decreasing agricultural production (HECHT *et al.* 2006, HECHT 2008). Efficient infrastructure and distribution systems developed to import food from global markets to feed urban populations. These changes prevented the recovery of agriculture, even after the war stopped. Remittances were used in some cases to intensify and diversify agriculture, but mainly to diversify toward non-farm activities (HECHT *et al.* 2006, HECHT & SAATCHI 2007).

Depressed food prices also contributed to the forest resurgence. In these cases and others, depressed prices due to a globally intensified production critically decreased the opportunities for smallholders to grow food crops for markets. In the Amazon, secondary regrowth was also associated with declining rural wages that drove people to the cities (PERZ & SKOLE 2003a,b). Transfer payments and out-migration, or off-farm diversification as in Mexico (KLOOSTER 2003) helped to stabilize the pressure on rural lands and provided alternative income sources for rural households (AIDE & GRAU 2004, HECHT 2008). This favoured the abandonment of marginal agricultural lands (PERZ & SKOLE 2003a), thus favouring ecosystem recovery on mountains, deserts and areas of poor soils, while improving human well-being (GRAU & AIDE 2008).

In Costa Rica, declining beef prices on the global markets, and the combination of agricultural intensification on high potential land and abandonment of marginal grasslands in the uplands also contributed to the reforestation (DANIELS 2009). KULL *et al.* (2007) identified three other processes associated with globalization and that impact forest cover in Costa Rica: neo-liberal agenda, local manifestations of international conservation ideologies, and growing tourism and land acquisition by expatriates. These processes alter qualitatively and quantitatively the way economic modernization affects forests. Contrasting with historical cases in Europe, where nation-states were active actors in the forest transition (MATHER *et al.* 1998a, 1999), neo-liberal policies encourage market-based instruments for environmental conservation and restoration. Rural regions offer aesthetic services for a growing number of foreign tourists who import their views on how a beautiful landscape should look like. As a result of private investments, land privatization and the expansion of global tourism, forest conservation activities increasingly take place on private lands. International environmental NGOs, multilateral environmental conventions and aid agencies globalize sustainable development objectives and related forest management practices. Yet, this process of environmental globalization around tropical forests' issues is far from smooth (GRAINGER 2005). In recent decades, international conservation interests shifted from voluntary and collaborative schemes towards more coercive and regulatory approaches. Governments of tropical countries, when perceiving conflicts with their interests or sovereignty, resisted through ambiguity or direct confrontation.

Agricultural dynamics are not associated with all cases of reforestation in Latin America. In southern Brazil (BAPTISTA & RUDEL 2006), Chile (CLAPP 2001) and a hollow frontier in Panama (SLOAN 2008), reforestation occurs mainly through tree plantation in response to the growing demand of urban and industrial markets, either local and/or global. In Honduras, a logging ban contributed to forest recovery in some places (SOUTHWORTH & TUCKER 2001, NAGENDRA *et al.* 2003). Reforestation occurs most often on marginal land, but in some cases, such as coffee production, higher — and steeper — land can be converted while other areas more accessible and in the lowlands are abandoned (SOUTHWORTH *et al.* 2002, NAGENDRA *et al.* 2003).

As is apparent from these cases, globalization is more associated with forest transitions in Latin America, and especially Central America and the Caribbean, than in other tropical regions. Yet, international timber trade also affected forest transitions elsewhere. When Finland and China increased the extent of their protected areas to decrease deforestation, wood imports from neighbouring Russia increased proportionally (MAYER *et al.* 2005, KAUPPI *et al.* 2006).

Reforestation in Asia: Households, Communities and States

Tree plantations are prominent elements in forest regeneration in densely populated countries of South and East Asia (FOSTER & ROSENZWEIG 2003, RUDEL 2009a). High population concentrations generate high demand for wood. These regions have: (i) sufficient incomes to afford the costs of establishing and maintaining plantations (FOSTER & ROSENZWEIG 2003), (ii) enough labour supply to work on them, and (iii) decreasing agricultural labour because of urbanization and economic development, thus allowing for land-use shifts (RUDEL 2009a).

This form of reforestation can occur in different policy contexts. Decentralization of forest management, generally associated with the promotion of multiple purpose forests, is one of the main contemporary changes in forest governance (SIKOR 2006, TACCONI 2007, AGRAWAL *et al.* 2008). In India, the decentralization was implemented through the Joint Forest Management (JFM) system (AGRAWAL 2007). Income growth led to a growing demand for forest products (FOSTER & ROSENZWEIG 2003). As the people had an institutional capacity to manage forest lands, they restored the degraded forests and intensified wood production, leading to forest regrowth (FOSTER & ROSENZWEIG 2003, DEFRIES & PANDEY 2009). Afforestation was also directly undertaken by the government and by private companies (BALOONI & SINGH 2007). In India, agricultural intensification via the Green Revolution and increasing rural wages did not contribute to reforestation (FOSTER & ROSENZWEIG 2003). In Bangladesh, important reforestation efforts were undertaken in similar conditions, while several processes still cause deforestation and forest degradation (SALAM *et al.* 1999, IFTEKHAR & HOQUE 2005, SHIN *et al.* 2007). Overall, the decline of forest area seems to have been reduced in this country, but no clear turning point can be observed. In the middle hills of Nepal, significant reforestation, mixing natural and artificial regeneration, occurred in areas devolved to both communities and poor households (NAGENDRA *et al.* 2005, NAGENDRA 2007). This reforestation depended on the level of local monitoring and the size of user groups relative to forest area. Decentralization, or community forestry, however, is not necessarily associated with reforestation (NAGENDRA 2007). TACCONI (2007) suggested that its effectiveness in this regard might be the highest when forest resources are low.

In other cases, governments are more directly involved in reforestation (MATHER 2007). In South Korea, decades of Japanese occupation and wars destroyed much

of the forests (KLOCK 1995, YOUN 2009). In Japan, the war was shorter but its effects were as devastating (KNIGHT 2000, TSUTSUI 2003). Both countries are mainly covered by mountains, with small valleys filled with intensively cultivated paddy lands making the core of the agriculture. Erosion and landslides due to deforestation directly affected lowland agriculture. In both countries, sustained reforestation efforts backed by state policies were undertaken to reverse land degradation and fulfil growing timber demand from industrialization. These policies involved mandatory reforestation, cutting restrictions, economic incentives for forestry, and silvicultural extension programmes. Reforestation was promoted as a civic duty, and strong social cohesion facilitated the implementation of reforestation measures. Strong leadership and nationalist mood in Korea were also influential. In both countries, reforestation also relied on previous experiences: in Korea, “Songgye”, a traditional forest management and tree plantation system, was revived after the war (YOUNG & KWANG-IL 2009), and Japan had for a long time developed a forestry knowledge and awareness of forest issues, which had already allowed the country to undergo another forest transition in the 18th century (TOTMAN 1982, 1986). In both cases, the decline in rural population came after the forest transition had begun and, in Japan, it led to a disinvestment in forestry that was detrimental for the country’s forests (KNIGHT 2000).

A similar pattern occurred in China, where forest cover was severely reduced throughout the centuries and the early decades of the Popular Republic (ZHANG 2000, ZHANG *et al.* 2000). Timber scarcity and, subsequently, environmental problems — *e.g.*, soil erosion and floods — prompted reforestation efforts and logging regulations that were initially poorly enforced and unsuccessful. These policies were progressively strengthened and eventually led to a forest transition (ZHANG 2000, ZHANG *et al.* 2000, WENHUA 2004, MATHER 2007, WANG *et al.* 2007, XU *et al.* 2007). In 1998, after catastrophic floods, a new policy framework established a logging ban in several regions and mandated afforestation of marginal lands (ZHANG 2000b, WANG *et al.* 2007).

Changes in land use and forestry policies promoting reforestation can be motivated by other factors than the perceived necessity to protect forests. Several states in Southeast Asia, such as Laos, China, Thailand, Indonesia, and Vietnam, implemented policies to restrict or ban shifting cultivation, allegedly to preserve forests and push people towards more sustainable and income-generating activities (DUCOURTIEUX *et al.* 2005, DUCOURTIEUX 2006, FOX *et al.* 2009, LESTRELIN 2009). Behind these goals may also lie other motives including: (i) modernizing land use to increase exports of commodities, including tree crops such as rubber (ZIEGLER *et al.* 2009a), (ii) controlling and integrating marginal social groups and ethnic minorities living in forests (DUCOURTIEUX 2006, FOX *et al.* 2009, LESTRELIN 2009), (iii) “greenwashing” the image of the country to please international donors, lobbies or public opinions (ZINGERLI 2005, FOX *et al.* 2009), and (iv) geopolitical interests to assert their control over remote and possibly contested territories (VANDERGEEST & PELUSO 1995). In some ways, these goals echo those of rising nation-states in

19th century Europe, but also the influence of global ideologies and markets, and local ethnic relations.

In Thailand, logging bans and other forest policies, as well as the decline of agricultural land, have more or less stabilized forest cover but no turning point has been identified (WANNITIKUL 2005, LEBLOND 2008). In Vietnam, a forest transition occurred during the 1990s. The forest cover dropped to 25-31 % in 1991-1993, and then increased to 32-37 % in 1999-2001 — with a net reforestation of 4 to 6 % — and 34-42 % in 2005 (MEYFROIDT & LAMBIN 2008a). The rate of reforestation was higher than the rate of deforestation during the previous decades. The reforestation in Vietnam was due to forest plantations — mainly exotic fast-growing species — and natural forest regeneration in similar proportions. It was due to a combination of economic and political responses to forest and land scarcity, economic growth, and market integration at the scale of the country (MEYFROIDT & LAMBIN 2008b). The distribution of forestry land to households, new forest management practices, and food crop intensification were combined in “push and pull” effects to decrease the footprint of agriculture on hillsides. Population growth and land scarcity, reinforced by land zoning and land allocation policies, drove an intensification of agriculture, mainly based on increased labour inputs on the most suitable plots of the marginal regions. This contributed to the abandonment of the least suitable plots and their reforestation. There was no depopulation of marginal regions. Reforestation was also due to policies restricting wood exploitation in natural forests and banning the exports of raw wood products (MEYFROIDT & LAMBIN 2009b). These policies, combined with the rapid development of the wood processing industry and the exports of wood products, led to the increase in legal and illegal imports of wood and a displacement of deforestation in neighbouring countries that represented around 39 % of the regrowth in Vietnam’s forests (MEYFROIDT & LAMBIN 2009b). The exports from Vietnam represented around 84 % of the imports. Illegal exploitation of — mainly natural — forests abroad represented around half of the regrowth of natural forests in Vietnam.

In sum, forest transitions in South and East Asia have been, more than elsewhere, driven by scarcity of forest products and perceived adverse consequences of forest degradation. Reforestation was implemented both by communities and households via decentralization and by large-scale state programmes. State policies were also partly driven by motives from outside the forestry sector.

Agroforests, Forest Gardens and Domestic Forests

Another kind of reforestation occurs when smallholders develop plant fruit orchards, wood lots, agroforestry systems, gardens, and hedgerows, possibly associated with secondary successions on abandoned pastures or fallows that are sometimes enriched with valuable species (RUDEL 2009a). These wooded landscape mosaics often develop at the forest margins (WIERSUM 2004), creating a

continuity between planted and natural forests. These “forest gardens” (WIERSUM 2004) or “domestic forests” (MICHON *et al.* 2007) involve land-use intensification as they require high levels of labour inputs. This process occurs in all tropical regions (WIERSUM 2004). In some cases, these forests have evolved progressively under the influence of smallholder land-use systems that actively manage the multifunctionality of ecosystems to reduce their vulnerability to economic and environmental shocks (MICHON *et al.* 2007). These domestic forests may constitute sustainable landscapes (BRAY *et al.* 2004, BRAY & KLEPEIS 2005, BRAY 2009). In other cases, they evolved more recently in response to new economic opportunities associated with emerging urban and global markets. In an old colonization zone of the Ecuadorian Amazon, Shuar smallholders converted roadside pastures to a combination of high-value tree crops for urban markets and secondary forests destined to regenerate land (RUDEL *et al.* 2002a,b). In an old logged frontier of Amazonia, after timber exploitation and the departure of large-scale operators, labourers remained. They combined their knowledge on vegetation succession and enrichment with knowledge derived from their integration into the global economy to improve commercial and technical forestry strategies, and thus develop mosaics of managed and diversified secondary forests (HECHT 2008). In another case in the Amazon estuary, based on ancient local knowledge of a palm-berry production, agroforests expanded when markets for this palm-berry exploded in the US (HECHT 2008). These tree-based land-use systems are not associated with a decline in rural population or land abandonment, and are more likely to include indigenous species and biological diversity than intensive cultivation. In the frontiers of the Brazilian Amazon, such systems are more likely to emerge in areas colonized by smallholders rather than by large-scale operators, and when land reforms secure their property rights (PACHECO 2009). The increase in tree cover associated with this forest transition pathway is not easily captured in land-use statistics and may thus remain hidden (RUDEL 2009a).

A Few Cases of Forest Stabilization and Reforestation in Africa

The picture of reforestation in Africa is fuzzier. Forest plantations also occur, mainly in countries with high population densities and supportive forest policies (RUDEL 2009b). Agroforestry develops in some densely-settled periurban settings in sub-Saharan Africa (RUDEL 2009a). Spontaneous regeneration or stabilization of forest cover in Madagascar took place in areas with well-defined and enforced property rights, and with declining grazing pressure due to droughts and out-migration (ELMQVIST *et al.* 2007, ELMQVIST & TENGO 2009). In western Uganda, natural regeneration has also occurred in a national park area since its creation, but forest degradation persists in parallel (HARTTER *et al.* 2009). Cases of forest transitions have been reported in Africa (Rudel *et al.*, 2005), but few studies so far have investigated these cases in the perspective of forest transition theories.

Forest Regrowth in Central and Eastern Europe with and after the Collapse of Socialism

In Central and Eastern Europe, reforestation has occurred since the 19th century, mainly in the mountains, in similar ways as in western Europe (BÍČÍK *et al.* 2001, PETEK 2002, KOZAK 2003). The specific political history of the region has had impacts on forests. After the Second World War, some regions were depopulated through large-scale resettlement programmes and experienced a more extensive reforestation (KOZAK *et al.* 2007a). Rapid reforestation has also occurred in Central and Eastern Europe since the breakdown of socialism (TAFF *et al.* 2009). It has mainly taken place by natural regrowth on abandoned agricultural land. This decline of agriculture is driven mainly by decreasing agricultural profitability, sectoral shifts in the economies, and rural population decreases and ageing. Along with forest regeneration, disturbances due to logging affected the forests in this region (KUEMMERLE *et al.* 2007) and fragmentation of forest cover increased in some places (KOZAK *et al.* 2007b). This fragmentation may be caused by a strategic dispersal of abandoned plots by farmers to reduce risks (SIKOR *et al.* 2009).

Reforestation in Unfavourable Biophysical Conditions

In some regions, biophysical conditions make natural regeneration slow or difficult. Forest transitions thus occur mainly by tree plantations. Historically, a dry climate was an important factor in the Mediterranean region, combined with lower economic growth than in northern Europe. In many Mediterranean countries, deforestation and forest degradation had brought forest cover to low levels (HUGHES & THIRGOOD 1982, HUGHES 2001). Reforestation did not occur before the recent decades, when economic growth pulled labour off the land and afforestation was thus used as a labour-saving activity (RUDEL *et al.* 2005). In boreal regions where natural regeneration happened slowly (STAALAND *et al.* 1998), forest transitions occurred when timber production and exports became central to the economies (ERICSSON *et al.* 2000). Tree plantation and intensive management were essential to maintain high extraction rates even when forest resources were still abundant (MYLLYNTAUS & MATTILA 2002, SIISKONEN 2007). In other drylands or boreal regions afforestation is promoted as a response to land degradation. The FAO Forest Resources Assessment 2005 (FAO 2006) reported a number of countries in arid or boreal regions with net reforestation between 1990 and 2005 — *e.g.*, Algeria, Egypt, Morocco, Tunisia, Cape Verde, Cyprus, Irak, Israel, Kuwait, Kyrgyzstan, Lebanon, Syria, Turkey, United Arab Emirates, Uzbekistan, and Iceland.

Conclusion

Three broad forms of reforestation occur throughout the tropics (RUDEL 2009a): natural regeneration on abandoned land, forest plantations, and agroforestry systems. Reforestation on abandoned land is more common in Latin America, usually associated with broad economic changes and globalization. So far, it has led to national-scale forest transitions only in a few small countries of Central America and the Caribbean. Forest plantations are more common in Asia, usually through a combination of decentralization and spontaneous plantations on the one hand, and larger state-sponsored programmes on the other hand. The latter may result in large-scale plantations but also in scattered wood lots through more or less mandatory afforestation of smallholders' plots. In Africa, the picture regarding reforestation is less clear. Both in Africa and Asia, the increase in forest plantations is more rapid in countries that combine high population densities and forest policies supporting forest plantations (RUDEL 2009b).

REFERENCES

- ACHARD, F., EVA, H. D., MAYAUX, P., STIBIG, H.-J. & BELWARD, A. 2004. Improved estimates of net carbon emissions from land cover change in the tropics for the 1990s. — *Global Biogeochemical Cycles*, **18**.
- AGRAWAL, A. 2007. Forests, Governance, and Sustainability: Common Property Theory and its Contributions. — *International Journal of the Commons*, **1** (1): 111-136.
- AGRAWAL, A., CHHATRE, A. & HARDIN, R. 2008. Changing governance of the world's forests. — *Science*, **320** (5882): 1460-1462.
- AIDE, T. M. & GRAU, H. R. 2004. Globalization, migration, and Latin American ecosystems. — *Science*, **305** (5692): 1915-1916.
- ALDHOUS, J. R. 1997. British forestry: 70 years of achievement. — *Forestry*, **70** (4): 283-291.
- ANDREASSIAN, V. 2004. Waters and forests: from historical controversy to scientific debate. — *Journal of Hydrology*, **291** (1-2): 1-27.
- ANGELSEN, A. & KAIMOWITZ, D. 2001. Agricultural technologies and tropical deforestation. — Wallingford (UK), CAB International.
- ARNALDS, A. 1987. Ecosystem Disturbance in Iceland. — *Arctic and Alpine Research*, **19** (4): 508-513.
- BALOONI, K. & SINGH, K. 2007. Prospects and problems of afforestation of wastelands in India: a synthesis of macro- and micro-perspectives. — *Geoforum*, **38**: 1276-1289.
- BAPTISTA, S. R. 2008. Metropolitanization and forest recovery in southern Brazil: a multi-scale analysis of the Florianopolis city-region, Santa Catarina State, 1970 to 2005. — *Ecology and Society*, **13** (2): 5.

- BAPTISTA, S. R. & RUDEL, T. K. 2006. A re-emerging Atlantic forest? Urbanization, industrialization and the forest transition in Santa Catarina, southern Brazil. — *Environmental Conservation*, **33** (3): 195-202.
- BÍČEK, I., JELECEK, L. & STEPANEK, V. 2001. Land-use changes and their social driving forces in Czechia in the 19th and 20th centuries. — *Land Use Policy*, **18** (1): 65-73.
- BLONDAL, S. 1987. Afforestation and Reforestation in Iceland. — *Arctic and Alpine Research*, **19** (4): 526-529.
- BRAY, D. B. 2009. Forest Cover Dynamics and Forest Transitions in Mexico and Central America: Towards a "Great Restoration"? — In: NAGENDRA, H. & SOUTHWORTH, J. (Eds.), *Reforesting Landscapes: Linking Pattern and Process*. Dordrecht, Springer, *Springer Landscape Series*.
- BRAY, D. B. & KLEPEIS, P. 2005. Deforestation, Forest Transitions, and Institutions for Sustainability in Southeastern Mexico, 1900-2000. — *Environment and History*, **11**: 195-223.
- BRAY, D. B., ELLIS, E. A., ARMIJO-CANTO, N. & BECK, C. T. 2004. The institutional drivers of sustainable landscapes: a case study of the 'Mayan Zone' in Quintana Roo, Mexico. — *Land Use Policy*, **21**: 333-346.
- BROWN, S. & LUGO, A. E. 1990. Tropical Secondary Forests. — *Journal of Tropical Ecology*, **6** (1): 1-32.
- BURGI, M. & SCHULER, A. 2003. Driving forces of forest management: an analysis of regeneration practices in the forests of the Swiss Central Plateau during the 19th and 20th century. — *Forest Ecology and Management*, **176** (1-3): 173-183.
- CHAZDON, R. L. 2008. Beyond deforestation: restoring forests and ecosystem services on degraded lands. — *Science*, **320** (5882): 1458-1460.
- CHHABRA, A. & DADHWAL, V. K. 2004. Assessment of Major Pools and Fluxes of Carbon in Indian Forests. — *Climatic Change*, **64**: 341-360.
- CHHABRA, A., PALRIAB, S. & DADHWAL, V. K. 2002. Growing stock-based forest biomass estimate for India. — *Biomass and Bioenergy*, **22**: 187-194.
- CHIROT, D. & HALL, T. D. 1982. World-System Theory. — *Annual Review of Sociology*, **8**: 81-106.
- CLAPP, R. A. 2001. Tree farming and forest conservation in Chile: do replacement forests leave any originals behind? — *Society & Natural Resources*, **14** (4): 341-356.
- CLAWSON, M. 1979. Forests in the Long Sweep of American History. — *Science*, **204** (4398): 1168-1174.
- DANIELS, A. E. 2009. Forest Expansion in Northwest Costa Rica: Conjunction of the Global Market, Land-Use Intensification, and Forest Protection. — In: NAGENDRA, H. & SOUTHWORTH, J. (Eds.), *Reforesting Landscapes: Linking Pattern and Process*. Dordrecht, Springer, *Springer Landscape Series*.
- DEFRIES, R. & PANDEY, D. 2010. Urbanization, the energy ladder and forest transitions in India's emerging economy. — *Land Use Policy*, **27** (2): 95-682.
- DUCOURTIEUX, O. 2006. Du riz et des arbres: l'élimination de l'agriculture d'abattis-brûlis, une constante politique au Laos. — Paris, Institut National Agronomique Paris-Grignon.
- DUCOURTIEUX, O., LAFFORT, J.-R. & SACKLOKHAM, S. 2005. Land Policy and Farming practices in Laos. — *Development and Change*, **36** (3): 499-526.

- DUGMORE, A. J., GISLADOTTIR, G., SIMPSON, I. A. & NEWTON, A. 2009. Conceptual Models of 1200 years of Icelandic Soil Erosion Reconstructed Using Tephrochronology. — *Journal of the North Atlantic*, **2** (1): 1-18.
- DUGMORE, A. J., CHURCH, M. J., MAIRS, K.-A., MCGOVERN, T. H., NEWTON, A. J. & SVEINBJARNARDOTTIR, G. 2006. An over-optimistic pioneer fringe ? Environmental perspectives on medieval settlement abandonment in Thorsmork, South Iceland. Dynamics of northern societies. — *In: Proceedings of the SILA/NABO Conference on Arctic and North Atlantic Archaeology* (Copenhagen, May 10th-14th, 2004). Copenhagen, Aarhus University Press.
- ELMQVIST, T. & TENGO, M. 2009. Spontaneous Regeneration of Tropical Dry Forest in Madagascar: The Social-Ecological Dimension. — *In: NAGENDRA, H. & SOUTHWORTH, J. (Eds.), Reforesting Landscapes: Linking Pattern and Process. Doordrecht. Springer, Springer Landscape Series.*
- ELMQVIST, T., PYYKONEN, M., TENGO, M., RAKOTONDRAO, F., RABAKONANDRIANINA, E. & RADIMILAHY, C. 2007. Patterns of Loss and Regeneration of Tropical Dry Forest in Madagascar: The Social Institutional Context. — *PLoS ONE*, **2** (5): e402.
- ERICSSON, S., OSTLUND, L. & AXELSSON, A.-L. 2000. A forest of grazing and logging: Deforestation and reforestation history of a boreal landscape in central Sweden. — *New Forests*, **19**: 227-240.
- FAO 1999. FRA 2000. Forest Resources of Bhutan. Country report. — Rome, FAO.
- FAO 2004. Global Forest Resources Assessment Update 2005: Terms and Definitions. — FAO, Forest Resources Assessment Programme Working Paper 83.
- FAO 2006. Global Forest Resources Assessment 2005. — Rome, FAO.
- FAOSTAT. <http://faostat.fao.org>
- FOSTER, A. D. & ROSENZWEIG, M. R. 2003. Economic growth and the rise of forests. — *The Quarterly Journal of Economics*, **118** (2): 601-637.
- FOSTER, D. R. 1992. Land-Use History (1730-1990) and Vegetation Dynamics in Central New England, USA. — *Journal of Ecology*, **80** (4): 753-771.
- FOSTER, D. R. & GLENN MOTZKIN, B. S. 1998. Land-Use History as Long-Term Broad-Scale Disturbance: Regional Forest Dynamics in Central New England. — *Ecosystems*, **1** (1): 96-119.
- FOX, J., FUJITA, Y., NGIDANG, D., PELUSO, N., POTTER, L., SAKUNTALADEWI, N., STURGEON, J. & THOMAS, D. 2009. Policies, Political-Economy, and Swidden in Southeast Asia. — *Human Ecology*, **37**: 305-322.
- FREEMAN, J. T. 1994. Forest Conservancy in the Alps of Dauphiné, 1287-1870. — *Forest & Conservation History*, **38** (4): 171-180.
- GRAINGER, A. 2005. Environmental Globalization and Tropical Forests. — *Globalizations*, **2** (3): 335-348.
- GRAU, R. H. & AIDE, M. 2008. Globalization and Land-Use Transitions in Latin America. — *Ecology and Society*, **13** (2).
- GRAU, R. H., AIDE, T. M., ZIMMERMAN, J. K. & THOMLINSON, J. R. 2004. Trends and scenarios of the carbon budget in postagricultural Puerto Rico (1936-2060). — *Global Change Biology*, **10**: 1163-1179.
- GRAU, R. H., AIDE, T. M., ZIMMERMAN, J. K., THOMLINSON, J. R., HELMER, E. & ZOU, X. 2003. The Ecological Consequences of Socioeconomic and Land-Use Changes in Postagricultural Puerto Rico. — *BioScience*, **53** (12) :1159-1168.

- HARTTER, J., SOUTHWORTH, J. & BINFORD, M. 2009. Parks as a Mechanism to Maintain and Facilitate Recovery of Forest Cover: Examining Reforestation, Forest Maintenance and Productivity in Uganda. — *In*: NAGENDRA, H. & SOUTHWORTH, J. (Eds.), *Reforesting Landscapes: Linking Pattern and Process*. Doordrecht, Springer, *Springer Landscape Series*.
- HECHT, S. 2008. The New Rurality: Globalization, Peasants and the Paradoxes of Landscapes. — *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, **17**: 141-160.
- HECHT, S. & SAATCHI, S. S. 2007. Globalization and Forest Resurgence: Changes in Forest Cover in El Salvador. — *BioScience*, **57** (8): 663-672.
- HECHT, S. B., KANDEL, S., GOMES, I., CUELLAR, N. & ROSA, H. 2006. Globalization, forest resurgence, and environmental politics in El Salvador. — *World Development*, **34** (2): 308-323.
- HENSON, I. E. 2005. An assessment of changes in biomass carbon stocks in tree crops and forests in Malaysia. — *Journal of Tropical Forest Science*, **17** (2): 279-296.
- HOUGHTON, R. A. & HACKLER, J. L. 2000. Changes in terrestrial carbon storage in the United States. 1: The roles of agriculture and forestry. — *Global Ecology and Biogeography*, **9**: 125-144.
- HUGHES, J. D. 2001. *An Environmental History of the World*. — New York, Routledge.
- HUGHES, J. D. & THIRGOOD, J. V. 1982. Deforestation, Erosion, and Forest Management in Ancient Greece and Rome. — *Journal of Forest History*, **26** (2): 60-75.
- HYDE, W. F., AMACHER, G. S. & MAGRATH, W. 1996. Deforestation and forest land use: theory, evidence and policy implications. — *World Bank Research Observer*, **11** (2): 223-248.
- IFTEKHAR, M. S. & HOQUE, A. K. F. 2005. Causes of forest encroachment: an analysis of Bangladesh. — *GeoJournal*, **62**: 95-106.
- JANSSEN, M. A. & SCHEFFER, M. 2004. Overexploitation of renewable resources by ancient societies: sunk cost effects as explanation for their collapse. — *Ecology and Society*, **9** (1): 6.
- JOHANN, E. 2007. Traditional forest management under the influence of science and industry: the story of the alpine cultural landscapes. — *Forest Ecology and Management*, **249**: 54-62.
- KAUPPI, P. E., AUSUBEL, J. H., FANG, J., MATHER, A. S., SEDJO, R. A. & WAGGONER, P. E. 2006. Returning forests analyzed with the forest identity. — *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **103** (46): 17574-17579.
- KIM, E.-G. & KIM, D.-J. 2005. Historical Changes and Characteristics of Rehabilitation, Management and Utilization of Forest Resources in South Korea. — *Journal of Mountain Science*, **2** (2): 164-172.
- KLEINN, C., CORRALES, L. & MORALES, D. 2002. Forest Area in Costa Rica: a Comparative Study of Tropical Forest Cover Estimates Over Time. — *Environmental Monitoring and Assessment*, **73**: 17-40.
- KLOCK, J. 1995. The Advancement of South Korean Forestry: National development and forest policy from 1910 to present. — *Korea Journal*, **35** (1): 119-132.
- KLOOSTER, D. 2003. Forest transitions in Mexico: institutions and forests in a global countryside. — *The Professional Geographer*, **55** (2): 227-237.
- KNIGHT, C. 2009. The paradox of discourse concerning deforestation in New Zealand: a historical survey. — *Environment and History*, **15**: 323-342.
- KNIGHT, J. 2000. From timber to tourism: recommoditizing the Japanese forest. — *Development and Change*, **31** (1): 341-359.

- KOZAK, J. 2003. Forest cover change in the Western Carpathians in the past 180 years – A case study in the Orawa Region in Poland. — *Mountain Research and Development*, **23** (4): 369-375.
- KOZAK, J., ESTREGUIL, C. & TROLL, M. 2007a. Forest cover changes in the northern Carpathians in the 20th century: a slow transition. — *Journal of Land Use Science*, **2** (2): 127-146.
- KOZAK, J., ESTREGUIL, C. & VOGT, P. 2007b. Forest cover and pattern changes in the Carpathians over the last decades. — *European Journal of Forest Research*, **126**: 77-90.
- KRAUSMANN, F. 2001. Land use and industrial modernization: an empirical analysis of human influence on the functioning of ecosystems in Austria 1830-1995. — *Land Use Policy*, **18** (1): 17-26.
- KUEMMERLE, T., HOSTERT, P., RADELOFF, V. C., PERZANOWSKI, K. & KRUIHLOV, I. 2007. Post-socialist forest disturbance in the Carpathian border region of Poland, Slovakia, and Ukraine. — *Ecological Applications*, **17** (5): 1279-1295.
- KULL, C. A., IBRAHIM, C. K. & MEREDITH, T. C. 2007. Tropical Forest Transitions and Globalization: Neo-Liberalism, Migration, Tourism, and International Conservation Agendas. — *Society and Natural Resources*, **20** (8): 723-737.
- LAMB, D., ERSKINE, P. D. & PARROTTA, J. A. 2005. Restoration of degraded tropical forest landscapes. — *Science*, **310** (5754): 1628-1632.
- LAMBIN, E. F. & GEIST, H. J. 2003. Regional Differences in Tropical Deforestation. — *Environment*, **45** (6): 22-36.
- LEBLOND, J.-P. 2008. The Retreat of Agricultural Lands in Thailand. — Montreal University, Canada Research Chair in Asian Studies, ChATSEA Working Paper no. 1.
- LESTRELIN, G. Land degradation in the Lao PDR: Discourses and policy. — *Land Use Policy* (to be published).
- LUGO, A. E. & HELMER, E. 2004. Emerging forests on abandoned land: Puerto Rico's new forests. — *Forest Ecology and Management*, **190** (2-3): 145-161.
- MACCLEERY, D. W. 1994. Resiliency and Recovery: A Brief History of Conditions and Trends in U.S. Forests. — *Forest & Conservation History*, **38** (3): 135-139.
- MATHER, A. S. 1992. The Forest Transition. — *Area*, **24** (4): 367-379.
- MATHER, A. S. 2001. The Transition from Deforestation to Reforestation in Europe. — In: ANGELSEN, A. & KAIMOWITZ, D. (Eds.), *Agricultural technologies and tropical deforestation*. Wallingford (UK), CAB International, pp. 35-52.
- MATHER, A. S. 2004. Forest transition theory and the reforestation of Scotland. — *Scottish Geographical Journal*, **120**: 83-98.
- MATHER, A. S. 2007. Recent Asian forest transitions in relation to forest-transition theory. — *International Forestry Review*, **9** (1): 491-502.
- MATHER, A. S. & FAIRBAIRN, J. 2000. From Floods to Reforestation: The Forest Transition in Switzerland. — *Environment and History*, **6**: 399-421.
- MATHER, A. S. & NEEDLE, C. L. 1999. Development, democracy and forest trends. — *Global Environmental Change – Humans and Policy Dimensions*, **9** (2): 105-118.
- MATHER, A. S. & NEEDLE, C. L. 2000. The relationships of population and forest trends. — *Geographical Journal*, **166**: 2-13.
- MATHER, A. S., FAIRBAIRN, J. & NEEDLE, C. L. 1999. The course and drivers of the forest transition: the case of France. — *Journal of Rural Studies*, **15** (1): 65-90.

- MATHER, A. S., NEEDLE, C. L. & COULL, J. R. 1998a. From resource crisis to sustainability: the forest transition in Denmark. — *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, **5**: 182-193.
- MATHER, A. S., NEEDLE, C. L. & FAIRBAIRN, J. 1998b. The human drivers of global land cover change: the case of forests. — *Hydrological Processes*, **12** (13-14): 1983-1994.
- MAYER, A. L., KAUPPI, P. E., ANGELSTAM, P. K., ZHANG, Y. & TIKKA, P. M. 2005. Importing timber, exporting ecological impact. — *Science*, **308** (5720): 359-360.
- MEYFROIDT, P. 2009. Forest Transition in Vietnam: Evidence, Theory and Social-Ecological Feedbacks. — Louvain-la-Neuve, Université Catholique de Louvain, PhD Thesis.
- MEYFROIDT, P. & LAMBIN, E. F. 2008a. Forest transition in Vietnam and its environmental impacts. — *Global Change Biology*, **14** (6): 1319-1336.
- MEYFROIDT, P. & LAMBIN, E. F. 2008b. The causes of the reforestation in Vietnam. — *Land Use Policy*, **25** (2): 182-197.
- MEYFROIDT, P. & LAMBIN, E. F. 2009a. Forest transition in Vietnam and Bhutan: causes and environmental impacts. — In: NAGENDRA, H. & SOUTHWORTH, J. (Eds.), *Reforestation Landscapes: Linking Pattern and Process*. Dordrecht, Springer, *Springer Landscape Series*.
- MEYFROIDT, P. & LAMBIN, E. F. 2009b. Forest transition in Vietnam and displacement of deforestation abroad. — *Proceedings of the National Academy of Sciences* (Published online before print, September 4, 2009, doi: 10.1073/pnas.09049-42106).
- MICHON, G., DE FORESTA, H., LEVANG, P. & VERDEAUX, F. 2007. Domestic Forests: A New Paradigm for Integrating Local Communities Forestry into Tropical Forest Science. — *Ecology and Society*, **12** (2).
- MYLLYNTAUS, T. & MATTILA, T. 2002. Decline or increase? The standing timber stock in Finland, 1800 - 1997. — *Ecological Economics*, **41**(2): 271-288.
- NAGENDRA, H. 2007. Drivers of reforestation in human-dominated forests. — *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **104** (39): 15218-15223.
- NAGENDRA, H., KARMACHARYA, M. & KARNA, B. 2005. Evaluating Forest Management in Nepal: Views across Space and Time. — *Ecology and Society*, **10** (1).
- NAGENDRA, H., SOUTHWORTH, J. & TUCKER, C. 2003. Accessibility as a determinant of landscape transformation in western Honduras: linking pattern and process. — *Landscape Ecology*, **18**: 141-158.
- NEEFF, T., LUCAS, R. M., DOS SANTOS, J. R., BRONDIZIO, E. S. & FREITAS, C. C. 2006. Area and Age of Secondary Forests in Brazilian Amazonia 1978-2002: An Empirical Estimate. — *Ecosystems*, **9**: 609-623.
- OSBORN, M. 2003. 'The Weirdest of all Undertakings': The Land and the Early Industrial Revolution in Oldham, England. — *Environmental History*, **8** (2): 246-269.
- PACHECO, P. 2009. Agrarian Reform in the Brazilian Amazon: Its Implications for Land Distribution and Deforestation. — *World Development*, **37** (8): 1337-1347.
- PARES-RAMOS, I. K., GOULD, W. A. & AIDE, T. M. 2008. Agricultural Abandonment, Suburban Growth, and Forest Expansion in Puerto Rico between 1991 and 2000. — *Ecology and Society*, **13** (2).
- PERZ, S. G. 2007a. Grand Theory and Context-Specificity in the Study of Forest Dynamics: Forest Transition Theory and Other Directions. — *The Professional Geographer*, **59** (1): 105-114.

- PERZ, S. G. 2007b. Reformulating Modernization-based Environmental Social Theories: Challenges on the Road to an Interdisciplinary Environmental Science. — *Society and Natural Resources*, **20** (5): 415-430.
- PERZ, S. G. & SKOLE, D. L. 2003a. Secondary forest expansion in the Brazilian Amazon and the refinement of forest transition theory. — *Society and Natural Resources*, **16** (4): 277-294.
- PERZ, S. G. & SKOLE, D. L. 2003b. Social determinants of secondary forests in the Brazilian Amazon. — *Social Science Research*, **32**: 25-60.
- PETEK, F. 2002. Methodology and evaluation of changes in land use in Slovenia between 1896 and 1999. — *Geografski Zbornik*, **52**: 61-97.
- PETTIT, C. C. & LAMBIN, E. F. 2002a. Impact of data integration technique on historical land-use/land-cover change: Comparing historical maps with remote sensing data in the Belgian Ardennes. — *Landscape Ecology*, **17**: 117-132.
- PETTIT, C. C. & LAMBIN, E. F. 2002b. Long-term land-cover changes in the Belgian Ardennes (1775-1929): model-based reconstruction vs. historical maps. — *Global Change Biology*, **8**: 616-630.
- PINCETL, S. 1993. Some Origins of French Environmentalism: An Exploration. — *Forest and Conservation Biology*, **37** (2): 80-89.
- PISANI, D. J. 1985. Forests and conservation, 1865-1890. — *Journal of American History*, **72** (2): 340-359.
- PISANI, D. J. 1993. Forests and Reclamation, 1891-1911. — *Forest & Conservation History*, **37** (2): 68-79.
- RAMANKUTTY, N., GIBBS, H. K., ACHARD, F., DEFRIES, R., FOLEY, J. A. & HOUGHTON, R. A. 2007. Challenges to estimating carbon emissions from tropical deforestation. — *Global Change Biology*, **13**: 51-66.
- REDMAN, C. L. 1999. Human Impact on Ancient Environment. — Tucson, University of Arizona Press.
- RODRIGUES, R. R., LIMA, R. A. F., GANDOLFI, S. & NAVE, A. G. 2009. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. — *Biological Conservation*, **142**: 1242-1251.
- RUDEL, T. K. 1998. Is there a forest transition? Deforestation, reforestation, and development. — *Rural Sociology*, **63** (4): 533-552.
- RUDEL, T. K. 2001. Did a green revolution restore the forests of the American South? — In: ANGELSEN, A. & KAIMOWITZ, D. (Eds.), *Agricultural technologies and tropical deforestation*. Wallingford (UK), CAB International.
- RUDEL, T. K. 2002. Paths of destruction and regeneration: Globalization and forests in the tropics. — *Rural Sociology*, **67** (4): 622-636.
- RUDEL, T. K. 2007. Changing agents of deforestation: from state-initiated to enterprise-driven processes, 1970-2000. — *Land Use Policy*, **24**: 35-41.
- RUDEL, T. K. 2009a. Three Paths to Forest Expansion: A Comparative Historical Analysis. — In: NAGENDRA, H. & SOUTHWORTH, J. (Eds.), *Reforesting Landscapes: Linking Pattern and Process*. Dordrecht, Springer, *Springer Landscape Series*.
- RUDEL, T. K. 2009b. Tree farms: driving forces and regional patterns in the global expansion of forest plantations. — *Land Use Policy*, **26**: 545-550.

- RUDEL, T. K. & HOOPER, L. 2005. Is the Pace of Social Change Accelerating? Latecomers, Common Languages, and Rapid Historical Declines in Fertility. — *International Journal of Comparative Sociology*, **46**: 275-296.
- RUDEL, T. K., BATES, D. & MACHINGUASHI, R. 2002a. A tropical forest transition? Agricultural change, out-migration, and secondary forests in the Ecuadorian Amazon. — *Annals of the Association of American Geographers*, **92** (1): 87-102.
- RUDEL, T. K., BATES, D. & MACHINGUASHI, R. 2002b. Ecologically noble Amerindians? Cattle ranching and cash cropping among Shuar and colonists in Ecuador. — *Latin American Research Review*, **37** (1): 144-159.
- RUDEL, T. K., PEREZ-LUGO, M. & ZICHAL, H. 2000. When fields revert to forest: Development and spontaneous reforestation in post-war Puerto Rico. — *The Professional Geographer*, **52** (3): 386-397.
- RUDEL, T. K., COOMES, O. T., MORAN, E., ACHARD, F., ANGELSEN, A., XU, J. & LAMBIN, E. 2005. Forest transitions: towards a global understanding of land use change. — *Global Environmental Change (Part A)*, **15** (1): 23-31.
- SALAM, M. A., NOGUCHI, T. & KOIKE, M. 1999. The causes of forest cover loss in the hill forests in Bangladesh. — *GeoJournal*, **47**: 539-549.
- SEDJO, R. A. & BOTKIN, D. 1997. Using Forest Plantations to Spare Natural Forests. — *Environment*, **39** (10): 15-20.
- SHIN, M. Y., MIAH, M. D. & LEE, K. H. 2007. Potential contribution of the forestry sector in Bangladesh to carbon sequestration. — *Journal of Environmental Management*, **82**: 260-276.
- SIISKONEN, ??? 2007. The conflict between traditional and scientific forest management in 20th century Finland. — *Forest Ecology and Management*, **249**: 125-133.
- SIKOR, T. 2006. Analyzing community-based forestry: local, political and agrarian perspectives. — *Forest Policy and Economics*, **8** (4): 339-349.
- SIKOR, T., MULLER, D. & STAHL, J. 2009. Land Fragmentation and Cropland Abandonment in Albania: Implications for the Roles of State and Community in Post-Socialist Land Consolidation. — *World Development*, **37** (8): 1411-1423.
- SIMON, L., CLEMENT, V. & PECH, P. 2007. Forestry disputes in provincial France during the nineteenth century: the case of the Montagne de Lure. — *Journal of Historical Geography*, **33**: 335-351.
- SLOAN, S. 2008. Reforestation amidst deforestation: simultaneity and succession. — *Global Environmental Change*, **18**: 425-441.
- SONG, C. & ZHANG, Y. 2009. Forest Cover in China from 1949 to 2006. — In: NAGENDRA, H. & SOUTHWORTH, J. (Eds.), *Reforesting Landscapes: Linking Pattern and Process*. Dordrecht, Springer, *Springer Landscape Series*.
- SOUTHWORTH, J. & TUCKER, C. 2001. The influence of accessibility, local institutions, and socioeconomic factors on forest cover change in the mountains of western Honduras. — *Mountain Research and Development*, **21** (3): 276-283.
- SOUTHWORTH, J., NAGENDRA, H. & TUCKER, C. 2002. Fragmentation of a Landscape: incorporating landscape metrics into satellite analyses of land-cover change. — *Landscape Research*, **27** (3): 253-269.
- STAALAND, H., HOLAND, O., NELLEMAN, C. & SMITH, M. 1998. Time Scale for Forest Regrowth: Abandoned Grazing and Agricultural Areas in Southern Norway. — *Ambio*, **27** (6): 456-460.

- STUBBS, B. J. 2008. Forest Conservation and the Reciprocal Timber Trade between New Zealand and New South Wales, 1880s-1920s. — *Environment and History*, **14**: 497-522.
- TACCONI, L. 2007. Decentralization, forests and livelihoods: theory and narrative. — *Global Environmental Change*, **17**: 338-348.
- TAFF, G., MULLER, D., KUEMMERLE, T., OZDENERAL, E. & WALSH, S. J. 2009. Reforestation in Central and Eastern Europe after the Breakdown of Socialism. — *In*: NAGENDRA, H. & SOUTHWORTH, J. (Eds.), *Reforesting Landscapes: Linking Pattern and Process*. Doordrecht, Springer, *Springer Landscape Series*.
- TOTMAN, C. 1982. Forestry in Early Modern Japan, 1650-1850: A Preliminary Survey. — *Agricultural History*, **56** (2): 415-425.
- TOTMAN, C. 1986. Plantation Forestry in Early Modern Japan: Economic Aspects of its Emergence. — *Agricultural History*, **60** (3): 23-51.
- TSUTSUI, W. M. 2003. Landscapes in the Dark Valley: Toward an Environmental History of Wartime Japan. — *Environmental History*, **8** (2): 294-311.
- VAN DIJK, A. I. J. M. & KEENAN, R. J. 2007. Planted forests and water in perspective. — *Forest Ecology and Management*, **251**: 1-9.
- VANDERGEEST, P. & PELUSO, N. L. 1995. Territorialization and State Power in Thailand. — *Theory and Society*, **24** (3): 385-426.
- VANDERGEEST, P. & PELUSO, N. L. 2006. Empires of Forestry: Professional Forestry and State Power in Southeast Asia, Part 1. — *Environment and History*, **12**: 31-64.
- WALKER, R. 2008. Forest Transition: Without Complexity, Without Scale. — *The Professional Geographer*, **60** (1): 136-140.
- WALLERSTEIN, I. 1974. *The Modern World System. Vol. I: Capitalist Agriculture and the Origins of the European World Economy in the Sixteenth Century*. — New York, Academic Press.
- WANG, G., INNES, J. L., LEI, J., DAI, S. & WU, S. W. 2007. China's forestry reforms. — *Science*, **318** (5856): 1556-1557.
- WANNITIKUL, G. 2005. Deforestation in Northeast Thailand, 1975-91: results of a general statistical model. — *Singapore Journal of Tropical Geography*, **26** (1): 102-118.
- WENHUA, L. 2004. Degradation and restoration of forest ecosystems in China. — *Forest Ecology and Management*, **201** (1): 33-41.
- WEST, A. J. 2003. Forests and National Security: British and American Forestry Policy in the Wake of World War I. — *Environmental History*, **8** (2): 270-293.
- WIERSUM, K. F. 2004. Forest gardens as an intermediate land-use system in the nature-culture continuum: characteristics and future potential. — *Agroforestry Systems*, **61**: 123-134.
- WOOD, V. & PAWSON, E. 2008. The Banks Peninsula Forests and Akaroa Cocksfoot: Explaining a New Zealand Forest Transition. — *Environment and History*, **14**: 449-468.
- XU, J., YANG, Y., FOX, J. & YANG, X. 2007. Forest transition, its causes and environmental consequences: an empirical evidence from Yunnan of Southwest China. — *Tropical Ecology*, **48** (2): 1-14.
- YOUNG, Y.-C. 2009. Use of forest resources, traditional forest-related knowledge and livelihood of forest-dependent communities: cases in South Korea. — *Forest Ecology and Management*, **257**: 2027-2034.
- YOUNG, W. C. & KWANG-IL, T. 2009. Songgye, a traditional knowledge system for sustainable forest management in Choson Dynasty of Korea. — *Forest Ecology and Management*, **257**: 2022-2026.

- ZHANG, Y. 2000. Deforestation and Forest Transition: Theory and Evidence in China. — *In*: PALO, M. & VANHANEN, H. Eds.), *World Forests from Deforestation to Transition?* Doordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- ZHANG, P., SHAO, G., ZHAO, G., MASTER, D. C. L., PARKER, G. R., DUNNING, J. B. & LI, Q. 2000. China's forest policy for the 21st century. — *Science*, **288** (5474): 2135-2136.
- ZIEGLER, A. D., BRUUN, T. B., GUARDIOLA-CLARAMONTE, M., GIAMBELLUCA, T. W., LAWRENCE, D. & NGUYEN, T. L. 2009a. Environmental Consequences of the Demise in Swidden Cultivation in Montane Mainland Southeast Asia: Hydrology and Geomorphology. — *Human Ecology*, **37**: 361-373.
- ZIEGLER, A. D., FOX, J. M. & XU, J. 2009b. The rubber juggernaut. — *Science*, **324** (5930): 1024-1025.
- ZINGERLI, C. 2005. Colliding Understandings of Biodiversity Conservation in Vietnam: Global Claims, National Interests and Local Struggles. — *Society and Natural Resources*, **18**: 733-747.

Rapport sur les activités de l'Académie (2008-2009) Verslag over de werkzaamheden van de Academie (2008-2009)

par / door

Danielle SWINNE*

Mijnheer de Voorzitter van de Academie, Excellenties, Dames en Heren Voorzitters, Dames en Heren Vast en Erevast Secretarissen van de Academiën, waarde Consororen en Confraters, Dames en Heren,

Monsieur le Président de l'Académie, Excellences, Mesdames et Messieurs les Présidents, Mesdames et Messieurs les Secrétaires perpétuels et perpétuels honoraires des Académies, chers Conscœurs et Confrères, Mesdames, Messieurs,

Zoals ieder jaar is het voor mij een grote eer en een waar genoeg voor deze assemblee het woord te mogen nemen, en ik dank U allen voor uw aanwezigheid. Onze Academie heeft tijdens het afgelopen jaar heel wat hoogtepunten gekend. Maar, vooraleer ze voor U even in herinnering te brengen, wou ik graag hulde brengen aan onze overleden Confraters.

Ons ecorresponderend lid **Pierre Routhier** overleed op 3 november 2008. Hij was doctor in de geologische wetenschappen en stond aan het hoofd van het laboratorium voor toegepaste geologie van de Universiteit van Parijs. Hij was ook onderzoeksleider aan het *Centre National de la Recherche Scientifique*. Confrater Routhier was een vermaard geoloog die een aantal belangrijke prijzen in de wacht sleepte, zoals onder meer de Barbié du Bocageprijs, uitgereikt door de *Société française de Géographie*, en de Gosseletprijs, toegekend door de *Société géologique de France*.

Alexandre Fain, membre titulaire honoraire, nous a quittés le 4 janvier 2009. Docteur en médecine, licencié en éducation physique et diplômé de l'Institut de Médecine Tropicale d'Anvers, il quitte la Belgique pour le Congo en 1939 afin d'y diriger le laboratoire médical d'Astrida. En 1957, il réintègre l'Institut de Médecine Tropicale où il dirigera le département de parasitologie. Lauréat du

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

Prix Broden, attribué par la Société belge de Médecine tropicale, Alexandre Fain obtint aussi le Prix Lamarck et le Prix Wetrems, tous deux décernés par l'Académie Royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique, ainsi que le Prix Schouteden décerné par la *Koninklijke Vlaamse Academie van België voor Wetenschappen en Kunsten*. La rédaction de son éloge a été confiée à notre Confrère Jean-Marie Jadin qui le prononcera le 24 novembre 2009.

Ons erecorresponderend lid **Michael Flack** overleed ook op 4 januari 2009. Hij behaalde een *MA in Law and Diplomacy* en een *PhD in International Relations* aan de *Fletcher School of Law and Diplomacy* van de *Tufts University* in de Verenigde Staten. Hij was professor aan de Universiteit van Oregon, aan het *Vassar College* en aan de Universiteit van Pittsburgh. Hij was laureaat van de Tharaknath Dasprijs en lid van de *New York Academy of Science*. In 2003 werd het *Michael Flack Endowment Fund* opgericht, met als doel financiële steun te geven aan studenten in internationale zaken en ontwikkeling. Michael Flack was naast wetenschapper ook dichter en muzikant.

Le 11 février dernier, notre Confrère **André Buldgen**, membre associé, nous quittait. Diplômé de la Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux, il séjourna pendant six ans au Sénégal où il travailla à l'Institut National de Développement Rural. Il revint ensuite à Gembloux pour y poursuivre une carrière académique dans l'unité de zootechnie. Son éloge sera prononcé le 26 novembre 2009 par notre Confrère Robert Leenaerts.

Nous déplorons aussi la disparition le 7 mars 2009 de notre Confrère **Georges Panou**, ingénieur civil des mines et docteur en sciences appliquées de l'Université Libre de Bruxelles, membre associé honoraire de notre institution. Georges Panou partit en 1960 au Congo où il obtint le poste de directeur des mines de la Société de Recherches et d'Exploitation Minières au Katanga. De retour en Belgique en 1962, il reçut le Prix de recherches de l'Université Libre de Bruxelles et y fut nommé professeur ordinaire. Son éloge sera prononcé par notre Confrère Léon Dejonghe.

Notre Confrère **Jean Bouillon**, membre titulaire honoraire, docteur en zoologie de l'Université Libre de Bruxelles, est décédé le 29 mars dernier. Après un séjour de trois ans au Congo, il entama en 1955 une carrière académique à l'Université Libre de Bruxelles où il assura la direction du laboratoire d'anatomie comparée. Il fut lauréat du Prix Agathon de Potter et du Prix Van Beneden. Parmi ses nombreuses activités outre-mer, signalons qu'il fonda et dirigea la «Station biologique Léopold III» à Laing Island en Papouasie-Nouvelle-Guinée. Son éloge sera prononcé par notre Conscœur Rosine Orban.

Tanjore Anantharaman, erecorresponderend lid, overleed op 18 juni van dit jaar. In 1954 behaalde hij een *PhD* in de fysische metallurgie aan de Universiteit van Oxford. Drie jaar later keerde hij naar India terug om er aan de *Banaras Hindu University* achtereenvolgens decaan van de faculteit *Engineering and Technology*, directeur van het *Institute of Technology* en hoofd van het departement *Metallurgical Engineering* te worden.

Notre Confrère **Jean Michot**, membre titulaire honoraire, est décédé le 1^{er} septembre dernier. Docteur en sciences géologiques et minéralogiques de l'Université de Liège, il y débuta sa carrière comme assistant en pétrographie. Passé à l'Université Libre de Bruxelles, il accéda en 1963 au poste de directeur du laboratoire de minéralogie et de pétrographie. En 1978, il fut nommé recteur de cette même université, fonction qu'il exerça jusqu'en 1982.

Precies een week geleden vernamen wij het overlijden van Confrater **Carolus Sys**, erewerkend lid van onze Academie. In 1949, verwierf hij de graad van doctor in de landbouwwetenschappen aan de Rijksuniversiteit Gent. Hij startte zijn loopbaan als bodemkundige aan het Nationaal Instituut voor de Landbouwstudie in Congo. In 1963, keerde hij terug naar de Rijksuniversiteit Gent als geassocieerd docent om er in 1974 tot hoogleraar gepromoveerd te worden.

Je vous invite à présent à un instant de recueillement à la mémoire de nos Confrères qui nous ont quittés. Ik nodig U uit onze overleden Confraters even te gedenken.

Onze instelling telt momenteel 295 leden, waaronder 2 ereleden, 126 werkende en erewerkende leden, 67 geassocieerde en eregeassocieerde leden en 100 corresponderende en erecorresponderende leden.

Confrater Ernie Haerincx, die dit jaar directeur is van de Klasse voor Morele en Politieke Wetenschappen, zal in 2010 in die functie opgevolgd worden door Consortor Bettie Vanhoudt.

Notre Confrère Jean-Pierre Descy succédera, quant à lui, au Confrère Jan Rammeloo à la direction de la Classe des Sciences naturelles et médicales.

Quant aux activités de la Classe des Sciences techniques, elles se dérouleront sous la houlette de notre Confrère Daniel Demaiffe, successeur du Confrère Jean Berlamont, également président en titre de notre Académie, fonction die vanaf de 1ste januari 2010 zal overgenomen worden door Consortor Bettie Vanhoudt, lid van de Klasse voor Morele en Politieke Wetenschappen.

Ten gevolge van de herziening van ons activiteitenprogramma, organiseerden wij dit academiejaar twee verkiezingsessies, en bijgevolg hebben wij een groot aantal nieuwe leden mogen verwelkomen.

La Classe des Sciences morales et politiques a ainsi accueilli deux nouveaux membres associés:

Marie-Soleil Frère, ancienne lauréate de notre Académie, est docteur en philosophie et lettres et chargée de cours à l'Université Libre de Bruxelles. Chercheur qualifié du Fonds National de la Recherche Scientifique, elle poursuit des recherches centrées sur les médias et les mutations politiques en Afrique.

Dezelfde klasse verwelkomde ook **Michael Meeuwis**, doctor in de taal- en letterkunde van de Universitaire Instelling Antwerpen. Confrater Meeuwis doceert in het vakgebied Afrikaanse talen aan het departement Afrikaanse Talen en Culturen van de Universiteit Gent. Zijn onderzoeksgebieden zijn linguïstiek en sociolinguïstiek van Centraal-Afrika.

Vijf nieuwe geassocieerde leden versterken de Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen:

Philippe Donnen est docteur en sciences de la santé publique de l'Université Libre de Bruxelles. Il est actuellement chargé de cours au département d'épidémiologie et de médecine préventive de l'École de Santé publique. Ses thèmes de recherche sont axés sur la nutrition et ses activités outre-mer tournées vers l'Afrique.

Pascal Leroy est docteur en médecine vétérinaire et professeur à l'Université de Liège. Il y remplit la fonction de vice-doyen de faculté. Il y assume aussi celle de président de l'Institut vétérinaire tropical. Notre Confrère est également président du Comité d'Orientation de la Recherche agronomique de la Région wallonne. Ses travaux portent sur la génétique animale fondamentale et appliquée.

Steven Dessein is doctor in de biologische wetenschappen van de Katholieke Universiteit Leuven. Hij is onderzoeker en verbonden aan het departement *Spermatophyta-Pteridophyta* van de Nationale Plantentuin van België. Zijn onderzoeksgebieden zijn phytogenetische analyse en biogeografie, vooral toegespitst op Afrika.

Docteur en sciences botaniques de l'Université Libre de Bruxelles, **François Muhashy Habiyaremye** est rattaché au Point focal sur la Biodiversité de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique. Ses centres d'intérêt vont des plantes médicinales au maintien de la biodiversité en passant par la gestion des aires protégées. Ses recherches sont axées sur l'Afrique.

Docteur en médecine de l'Université Libre de Bruxelles, **Jean-Pierre Unger** est professeur à l'Institut de Médecine Tropicale d'Anvers où il codirige une maîtrise en santé publique. Expert en politique des soins de santé, il est entre autres l'auteur d'un ouvrage intitulé «Guide pratique de la coopération médicale: de l'analyse des systèmes de santé à l'action».

Quant à la Classe des Sciences techniques, elle compte quatre nouveaux membres associés:

Jean-Jacques Claustriax est docteur en sciences agronomiques de la Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux, professeur et chef du département Statistique, Informatique et Mathématiques appliquées. Il y enseigne la statistique appliquée, la planification expérimentale et l'informatique algorithmique. Signalons également qu'il a été vice-recteur de ladite Faculté durant huit ans.

Cecile Baeteman is doctor in de wetenschappen van de Vrije Universiteit Brussel. Zij is werkleider aan het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen en hoofddocent aan de Vrije Universiteit Brussel. Consoror Baeteman bestudeert onder meer de paleogeografische reconstructie van kust- en fluviale vlaktes in het Midden-Oosten en voert quartairgeologisch onderzoek uit in Oost- en Zuid-Oost-Aziatische landen. Zij was laureaat van onze Academie in 1992.

Confrater **Willy Bauwens** is doctor in de toegepaste wetenschappen van de Vrije Universiteit Brussel, waar hij hoogleraar is in de vakgroep Hydrologie en Waterbouwkunde van de faculteit Ingenieurswetenschappen. Zijn onderzoeksdomeinen zijn: *numerical modelling of the rainfall-runoff process, integrated modelling of the surface water quality and urban hydrology*. Hij beheert projecten voornamelijk in Afrika.

Marc Nyssen is doctor in de toegepaste wetenschappen van de Vrije Universiteit Brussel, waar hij hoogleraar is aan de faculteit Geneeskunde en Farmacie, vakgroep Biostatistiek en Informatica. Expert in *biomedical engineering*, is hij actief overzee in het kader van VLIRprojecten.

La troisième Classe accueille aussi deux nouveaux membres correspondants:

Ernesto de la Torre Chauvin, de nationalité équatorienne, est ingénieur chimiste de la *Escuela Politécnica Nacional* où il dirige le département de métallurgie extractive. Notre Confrère est actuellement doyen de la faculté d'Ingénieurs en chimie et en agro-industrie de cette même école polytechnique. Il y est chargé de l'enseignement de la minéralogie, de la métallurgie, ainsi que d'un cours sur la gestion de l'environnement.

Quant à **Ralph Morelli**, il est de nationalité américaine et docteur en philosophie de l'Université d'Hawaï. Professeur au *Trinity College* en Californie, il y dirige le département des sciences informatiques. Ralph Morelli accorde un intérêt particulier au développement de programmes informatiques à application humanitaire.

Ik zou U ook willen meedelen dat twaalf van onze geassocieerde leden tot werkend lid bevorderd werden; het gaat om volgende Consororen en Confraters: Dirk Huyge en Hugues Legros voor de Klasse voor Morele en Politieke Wetenschappen; Marc Coosemans, Bruno Delvaux, Stanny Geerts, Bruno Gryseels, Rosine Orban en Peter Piot voor de Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen; Alain Bernard, Philippe Muchez,

Pierre Ozer en Thierry Van Frachen voor de Klasse voor Technische Wetenschappen. In naam van alle Consororen en Confraters, wens ik hen van harte te feliciteren.

En ce qui concerne nos activités, hormis nos traditionnelles séances de Classe, les réunions des différentes commissions et autres groupes de travail, les diverses activités réservées aux membres, voire à leurs proches, telles les visites d'institutions ou d'expositions, nous avons organisé deux manifestations accessibles au public.

En juin dernier, à l'initiative de nos Confrères Ivan Beghin et Georges Stoops, nous avons programmé une journée de réflexion consacrée à l'évaluation de la recherche pour le développement, journée à laquelle ont participé les responsables du Conseil interuniversitaire francophone et du *Vlaamse Interuniversitaire Raad*.

Op voorstel van de Commissie „Milieu en Ontwikkeling”, voorgezeten door onze Confrater Morgan De Dapper, hebben wij op 12 en 13 juni jl. een internationale conferentie georganiseerd met als titel *Developing Countries Facing Global Warming: A Post-Kyoto Assessment*, waaraan deskundigen van over de hele wereld hebben deelgenomen.

Pour l'année académique 2009-2010, nous ne proposons pas moins de trois activités ouvertes au public.

Tout d'abord, sur proposition de la Commission «Stratégies & Développement» présidée par notre Consœur Paule Bouvier, nous organisons les 26, 27 et 28 octobre prochains, en collaboration avec ONU-Habitat, une conférence internationale sur la «Pauvreté dans les villes moyennes et petites des pays en développement».

In juni 2010 zullen wij, op voorstel van onze Confraters Dirk Huyge en Francis Van Noten, een colloquium organiseren over de rotskunst in Noord-Afrika.

En ten slotte komt er, eveneens in juni volgend jaar, op voorstel van onze Confraters Paul Gigase, Philippe Hennart en Marc Wéry, een seminarie over het parcours van het Tropisch Medisch Fonds dat voornamelijk toegespitst was op de Afrikaanse trypanosomiasis.

En ce qui concerne les publications, nous avons bien sûr poursuivi et poursuivrons au cours des prochains mois la publication des *Bulletins des Séances* et celle des actes des conférences, mais 2010 verra la parution dans la prestigieuse série *Fontes Historiae Africanæ*, d'un ouvrage de la main de notre Confrère Jean-Luc Vellut intitulé: «Fonds missionnaires protestants. Missions baptistes et autres traditions évangéliques. Le pays kongo entre prophétismes et projets de société», ouvrage qui fait suite au premier volume consacré à Simon Kimbangu publié en 2005.

Wij hebben ook het negende boekdeel van de *Belgische Overzeese Biografie* afgerond, dat niet minder dan 123 levensbeschrijvingen omvat en eind 2010 zou moeten verschijnen.

In de reeks verhandelingen zal in de komende weken het werk van Wim van Binsbergen, hoogleraar interculturele filosofie en vorser aan het Leidse Afrika-studiecentrum, met als titel „Expressions of Traditional Wisdom from Africa and Beyond: An Exploration in Intercultural Epistemology”, gepubliceerd worden.

Venons-en maintenant à l'attribution des bourses et des prix.

Je souhaite tout d'abord vous signaler que la Classe des Sciences naturelles et médicales a octroyé une bourse du Fonds Floribert Jurion à Monsieur Brecht Devleeschauwer, étudiant en médecine vétérinaire à la *Universiteit Gent*. L'attribution de cette bourse, dont le but est de faciliter le séjour outre-mer d'un futur agronome ou vétérinaire, couvrira les frais d'une mission au Népal qu'effectuera cet étudiant dans le cadre d'un projet de recherche intitulé «De impact van *Taenia solium* op de volksgezondheid in Nepal».

Nu komen wij tot de jaarlijkse wedstrijden. Ieder jaar stelt de Academie een reeks vragen waarop jonge vorsers een studie kunnen indienen.

Dit jaar hebben wij als laureaat Mevrouw Katrien Rutten, die een werk heeft ingediend in antwoord op de vraag: er wordt verzocht een studie over de internationale contacten in de zuidelijke Perzische Golf, aan de hand van de studie van het aardewerk. En ik geef onmiddellijk het woord aan Confrater Ernie Haerinck, directeur van de Klasse voor Morele en Politieke Wetenschappen, die de laureaat zal voorstellen.

Mevr. Katrien Rutten heeft na haar studies archeologie in 1992 aan de Universiteit Gent meerdere jaren onderzoek verricht om ten slotte het doctoraat te behalen in 2006 aan dezelfde instelling. Ze heeft deelgenomen aan de UGent opgravingen te ed-Dur, Emiraat Umm al-Qaiwain, Ver. Arab. Emir., gedurende vier van de negen campagnes, van 1992 tot 1995. Het zijn juist de resultaten van deze opgravingen die grondig geanalyseerd werden in haar doctoraatsproefschrift en in de verhandeling die ze heeft ingediend als antwoord op de prijsvraag van onze Academie.

Outre ses missions dans les Emirats Arabes Unis, elle a participé à d'autres fouilles avec l'Université de Gand, par exemple à Shakhoura, à Bahreïn, ainsi qu'aux fouilles anglaises du site de Merv, au Turkménistan, à celles de Shimal, dans l'émirat de Ras al-Khaimah et récemment à celles de l'Université de Liège, à Chagar Bazar en Syrie.

Door haar interesse en vertrouwdheid met aardewerk werd haar ook meermaals de studie toevertrouwd van aardewerk uit verschillende opgravingen van verschillende teams. Dit omvat zowel materiaal uit Irak, Iran als Syrië.

De plus, grâce à la *Sackler Fellowship in Ancient Iranian Studies*, elle a eu l'occasion de travailler pendant une année entière comme *Assistant Curator* au *British Museum, Department of Western Asiatic Antiquities*.

De resultaten van haar onderzoek heeft ze in meerdere artikels gepubliceerd en nu wacht ik met ondeguld — en niet alleen ikzelf — op haar «magnum opus», namelijk de publicatie in het Engels van haar zeer grondige studie van het aardewerk te ed-Dur, in ZO-Arabië.

Cet ouvrage constituera un sérieux pas en avant dans notre connaissance du monde arabe au 1^{er} siècle de notre ère, une région qui jouait un rôle non négligeable dans le commerce à longue distance entre le monde oriental et occidental, entre Rome et le monde indien. En effet, les Romains étaient constamment en quête de matériaux et objets exotiques, tels que pierres précieuses, encens, épices ou étoffes, drainant ainsi des sommes fabuleuses vers le monde oriental.

De studie is ook heel belangrijk voor een betere datering en situering van aardewerk afkomstig uit Z-Irak, Z en ZO-Iran en uiteraard NO- en ZO-Arabië, omwille van het feit dat de site slechts een heel korte periode bewoond is geweest, namelijk van ca. 25 v. C. tot 125 AD.

Les campagnes militaires dévastatrices de l'empereur romain Trajan en 117 de notre ère, provoquant un grand désordre économique et politique en Mésopotamie, furent probablement aussi à l'origine de l'arrêt soudain de l'occupation du site côtier d'ed-Dur, le seul site orienté vers la mer entre la péninsule du Qatar et le détroit d'Hormuz et probablement impliqué directement dans le commerce maritime.

In haar studie die ze ter bekroning heeft ingediend heeft ze het aardewerk niet alleen technologisch en typologisch benaderd, maar heeft ze veel aandacht besteed aan de distributie en handel in aardewerk uit de regio's rond de Perzische Golf. Zo bestudeerde ze ook de effecten van de handel op de culturele identiteit en politieke en socio-economische structuren van de vroegere Arabische gemeenschappen.

E. HAERINCK

Matthieu Kervyn de Meerendré est le lauréat du Prix Lucien Cahen. Ce prix est destiné à récompenser l'auteur d'un mémoire de haute valeur scientifique sur un sujet relevant des sciences géologiques d'outre-mer.

Le travail primé s'intitule: «Monitoring and modelling volcanoes with assessment of their hazards by means of remote sensing and analogue modelling». Ik geef nu het woord aan Confrater Philippe Muchez van de Klasse voor Technische Wetenschappen die de laureaat zal voorstellen.

De Heer Matthieu Kervyn behaalde in 2004 zijn licentiaatdiploma in de geografie aan de Université Catholique de Louvain. De promotoren van zijn licentiaat thesis waren prof. Eric Lambin en dr. Gerald Ernst. Tijdens deze thesis ging zijn interesse reeds uit naar de studie van vulkanen, meer bepaald naar de mogelijkheid om satellietgegevens te gebruiken in de reconstructie van de morfologie en de grootte van pyroklastische constructies. Pyroklastische constructies zijn het gevolg van de opbouw van het vaste materiaal dat door een vulkaan uitgestoten wordt. In zijn doctorale studie, die bekroond werd met de Lucien Cahenprijs, gaat de Heer Kervyn verder op de ingeslagen weg. Het onderzoek is toegespitst op het monitoren en de modellering van vulkanen met een evaluatie van hun risico's door middel van afstandswaarneming en analoge modellen. Hij behaalde dit doctoraat in de wetenschappen, groep geologie, aan de Universiteit Gent. Promotor van het doctoraat is prof. dr. Patrick

Jacobs en co-promotor dr. Gerald Ernst. De Heer Kervyn behaalde in 2005 de prijs van de *Fondation belge de la Vocation* en in 2006 een reisbeurs van de Vlaamse Interuniversitaire Raad voor zijn veldwerk in Tanzania. Hij verrichte onderzoek aan de Blaise Pascal Universiteit te Clermont-Ferrand en aan het GeoForschungsZentrum te Potsdam.

Niettegenstaande de belangrijke impact die vulkanen kunnen hebben, zijn talrijke vulkanen in ontwikkelingslanden weinig bestudeerd en worden ze niet opgevolgd. In het doctoraal onderzoek worden goedkope oplossingen bestudeerd en dus aange-reikt om de topografie van vulkanen in kaart te brengen, om risico's te identificeren en erupties te documenteren aan de hand van satellietgegevens. Op basis van een combinatie van *remote sensing* technieken en analoge modellen levert deze thesis ook een belangrijke bijdrage tot het begrijpen van de vulkanische processen die de drie dimensionale vorm van subvulkanische intrusieve systemen bepalen.

In een eerste deel is de aandacht toegespitst op de mogelijkheden en toepassingen van goedkope afstandswaarnemingstechnieken met een matige tot hoge ruimtelijke resolutie. Deze worden toegepast op vulkanen in Hawaï en Tanzania. In een tweede, uitgebreid deel wordt in detail ingegaan op de risico's en de uitbarstingsactiviteit van de Oldoinyo Lengai stratovulkaan in Tanzania. Dit is een weinig gekende vulkaan waarvan de risico's dienen geschat te worden en de eruptie activiteit opgevolgd. Vervolgens werd een algoritme voorgesteld om dagelijkse informatie te verkrijgen over de eruptie activiteit en variatie gedurende een periode van acht jaar door gebruik te maken van MODIS satellietgegevens. De analyse van deze tijdreeksen onderstreept de belangrijke invloed van de aardgetijden op de intensiteit van de erupties. Hetzelfde algoritme in combinatie met veldwaarnemingen en petrografische analyses werd toegepast om inzicht te krijgen in de ondiepe structuur van de vulkaan. In het laatste deel worden laboratoriumexperimenten, waarbij gebruik gemaakt wordt van zand, gelatine en water, toegepast om inzicht te verwerven in de controle die het vulkaanlichaam en dus de vulkaanmassa uitoefent op het opstijgen van het magma. Deze experimenten stellen de onderzoeker ook in staat om het ruimtelijk verband tussen het opstijgen van een magma, de vulkaanmassa, subvulkanische intrusies, en de uitbarstingscentra van vulkanen op de lagere flanken te onderzoeken.

Het doctoraat is zeer innovatief en combineert verschillende methoden om tot zeer interessante conclusies te komen. De toegepaste methoden omvatten klassieke, doch systematische veldwaarnemingen, afstandswaarnemingen, en het gebruik van experimenten. De kwaliteit van het ingediende werk is zowel wat betreft de inhoud als de vorm van uitstekende kwaliteit. Het biedt bovendien interessante toepassingen.

P. MUCHEZ

Nous en arrivons au dernier prix pour l'année académique 2008-2009. Il s'agit du Prix de Géographie tropicale Yola Verhasselt et j'invite notre Secrétaire perpétuelle honoraire Yola Verhasselt à nous présenter le lauréat du prix, M. Amaury Frankl, titulaire d'un Master en géographie. Le travail primé s'intitule «De evolutie van geulerosie in het Noord-Ethiopische hoogland: netwerken, snelheden en drijvende factoren sinds de late 19de eeuw».

Le prix consiste en un crédit de voyage destiné à financer un travail de recherche sur le terrain dans le domaine de la géographie tropicale. Le but est d'encourager de

jeunes chercheurs, porteurs d'un diplôme de docteur en géographie ou inscrits au doctorat de géographie à une université ou institut scientifique belge, sans distinction de nationalité.

Na een diepgaande vergelijkende analyse van de ingediende werken heeft de jury unaniem beslist de prijs toe te kennen aan de Heer Amaury Frankl. De laureaat is verbonden aan de Vakgroep Geografie van de Universiteit Gent. Aan deze universiteit behaalde hij in 2006 met grote onderscheiding het Master diploma in geografie, specialisatie landschapskunde en milieuzorg. Hij bereidt nu een doctoraatsthesis voor onder leiding van Prof. Jan Nyssen over de evolutie van geulerosie in het Noord-Ethiopische hoogland. Ondanks zijn jeugdige leeftijd heeft Amaury Frankl reeds verscheidene publicaties in belangrijke wetenschappelijke tijdschriften op zijn actief.

De jury heeft naast zijn hoogstaande wetenschappelijke kwaliteiten, ook de persoonlijke motivatie en inzet voor overzee van de laureaat gewaardeerd. De prijs heeft hem toegelaten een derde veldcampagne uit te voeren ter afsluiting van zijn doctoraat. Het onderzoeksproject betreft een studie van fysische geografie met toepassingen op het vlak van de sociale geografie. Het doel is een wetenschappelijke bijdrage te leveren aan de ecologische en maatschappelijke duurzame ontwikkeling van het Noord-Ethiopische hoogland.

Y. VERHASSELT

* *
*

Avant de conclure cette séance académique, il me reste à vous remercier pour votre présence et à exprimer ma gratitude à l'égard:

- De notre Ministre de tutelle, Madame Sabine Laruelle, Ministre des Petites et Moyennes Entreprises, des Indépendants, de l'Agriculture et de la Politique Scientifique;
- De Monsieur Philippe Mettens, directeur de la Politique scientifique fédérale;
- Du président de l'Académie, Monsieur Jean Berlamont;
- Des deux orateurs invités, MM. Isidore Ndaywel et Eric Lambin, tous deux membres de notre Académie.

Hartelijk dank ook aan:

- De directeurs en vice-directeurs van de Klassen;
- De leden van de commissies en werkgroepen;
- De confraters en consororen die deelgenomen hebben aan de verschillende activiteiten;
- En *last but not least* aan de leden van mijn secretariaat.

Je remercie aussi tout particulièrement M. Didier Poskin pour nous avoir offert quelques moments musicaux d'exception et vous convie à présent à la réception de clôture qui se déroulera dans la salle de Marbre.

Classe des Sciences morales et politiques

Klasse voor Morele en Politieke Wetenschappen

**Belgian Congo during the First World War,
as Seen through the Reports of Jules Renkin,
Minister of Colonies, to King Albert I
(1914-1918)***

by

Guy VANTHEMSCHE**

KEYWORDS. — Belgian Congo; Colonial History; First World War.

SUMMARY. — Black Africa was also one of the many battlefields of the First World War. Right from the beginning, Belgian Congo was drawn into the conflict. The colony was not only confronted with military operations (in Cameroon, Rhodesia and German East Africa), but also with many other problems (in the field of production, transport, staff recruitment, etc.). This article emphasizes a hitherto neglected source, which might enhance our knowledge of this important period of Belgian colonial history. While in exile at Le Havre (France) with the other members of the Belgian government, the Minister of Colonies, Jules Renkin, wrote a monthly report to King Albert I (who resided in the small Belgian town of La Panne), informing him of the main developments in the colony. Many subjects were treated in these reports, ranging from military to political and economic issues. Some of these points are briefly highlighted in this paper; the complete original text of the reports was published by the Belgian Royal Commission of History (*Commission royale d'Histoire*) in 2009.

TREFWOORDEN. — Belgisch Congo; Koloniale geschiedenis; Eerste Wereldoorlog.

SAMENVATTING. — *Belgisch Congo tijdens de Eerste Wereldoorlog: de rapporten van minister van Koloniën Jules Renkin aan Koning Albert I (1914-1918)*. — Tijdens de Eerste Wereldoorlog werd het conflict ook uitgevochten in Zwart Afrika. Vanaf het begin werd Belgisch Congo meegesleurd in het krijgsgewoel. Naast de militaire operaties (in Kameroen, Rhodesië en Duits Oost-Afrika) werd de kolonie ook geconfronteerd met andere problemen (op het gebied van productie, transport, personeelsrekrutering, enz.). In dit artikel vestigen we de aandacht op een vrij onbekende bronnenreeks die een steentje kan bijdragen tot een betere kennis van deze belangrijke periode van de Belgische koloniale geschiedenis. Minister van Koloniën Jules Renkin die, samen met de Belgische regering, gevestigd was in Le Havre, schreef elke maand een rapport voor koning Albert I, die in De Panne verbleef, om hem op de hoogte te houden van de belangrijkste gebeurtenis-

* Paper presented at the meeting of the Section of Moral and Political Sciences held on 9 December 2008. Text received on 28 April 2009.

** Member of the Academy; Vrije Universiteit Brussel, Faculteit der Letteren en Wijsbegeerte, Vakgroep Geschiedenis, Pleinlaan 2, B-1050 Brussels (Belgium).

sen in en rond de kolonie. Zowel militaire als politieke en economische aspecten komen aan bod in deze bronnenreeks; we bespreken enkele van die thema's. De integrale editie van de tekst van de rapporten verscheen bij de Koninklijke Commissie voor Geschiedenis in 2009.

MOTS-CLES. — Congo belge; Histoire coloniale; Première Guerre mondiale.

RESUME. — *Le Congo belge pendant la Première Guerre mondiale: les rapports du ministre des Colonies Jules Renkin au roi Albert I^{er} (1914-1918)*. — La Première Guerre mondiale étendit aussi ses ravages à l'Afrique Noire. Dès le départ, le Congo belge fut entraîné dans le conflit. La Colonie ne fut pas seulement confrontée aux opérations militaires (au Cameroun, en Rhodésie, en Afrique-Orientale allemande), mais également à de nombreux autres problèmes (en matière de production, de transport, de recrutement de personnel, etc.). Cet article attire l'attention sur une source peu connue qui pourrait contribuer à une meilleure connaissance de cette période importante de l'histoire coloniale belge. Chaque mois, le ministre des Colonies Jules Renkin (établi au Havre avec le Gouvernement belge), adressa un rapport au roi Albert I^{er}, résidant à La Panne, pour mettre celui-ci au courant des principaux événements concernant le Congo. La gamme des sujets abordés est assez large: elle couvre à la fois les domaines militaire, politique et économique. Quelques-uns de ces points seront brièvement examinés. L'édition intégrale du texte des rapports a paru à la Commission royale d'Histoire en 2009.

Introduction

Although Belgian historians recently “rediscovered” the Congo colony [1]*, there are still many blanks left on this scientific map. One of the important aspects deserving more attention is the transition between the Congo Free State, founded and autocratically ruled by king Leopold II (1885-1908), and the Belgian Congo, administered by the Belgian national authorities (1908-1960). What exactly changed in colonial rule, and how and why this change was introduced, remains largely unexplored, some recent interesting studies notwithstanding [2]. As the great Africanist Jan Vansina rightly pointed out some years ago, “a good overall study of the colonial era and especially of this transitional period [*i.e.* 1908-1920, “the most obscure period of the Belgian Congo”] is still lacking” [3]. Only a few years after the take-over of king Leopold's Congo by the Belgian state, the latter's new possessions in Central Africa were confronted with a major problem, the First World War. The precise impact of these events on the fate of the young Belgian colony is almost completely unknown. The chronicle of military events can of course be easily reconstructed through the largely accessible contemporary publications, such as the official account *Les campagnes colo-*

* Numbers in brackets [] refer to the notes and references, pp. 530-532.

niales belges [4] and many memoirs of war participants. But what the conflict meant for the way the colony was administered; how Congo's links with the global economy were affected by these events; what social changes came about during these difficult years, etc.: all these (and other) crucial questions have not even been asked, let alone answered.

These few (but ambitious) words of introduction should not mislead the reader about the (quite modest) purpose of this article. We do not intend to present a full-fledged picture of Congolese developments during the years 1914-1918; our only ambition is to draw attention to an interesting "new" source that has gone unnoticed for many years, but should not be neglected by future historical studies: the reports written by Jules Renkin, Minister of Colonies, and addressed to the Belgian King, Albert I. After a general presentation of these reports, we will take a glance at its content. By highlighting and commenting on a few thematically arranged extracts, we will try to indicate the richness of this source.

Overview of Renkin's Reports to King Albert

In August 1914, neutral Belgium was invaded by German forces [5]. The Belgian army could not resist this devastating blow and was forced to retreat. Only a tiny part of the national territory remained unoccupied: a few square kilometres in the north-western part of the country, behind the river Yser. While the Belgian government went into exile and settled in Sainte-Adresse, near the north-eastern French town of Calais, the King — symbolically — refused to leave the remaining free Belgian territory. He chose to live in a modest villa in the seaside resort of La Panne, in the proximity of the Belgian troops which he personally commanded. The following fact is of crucial importance to our source: the King interpreted the article of the Belgian constitution which gave him supreme command over the army in a literal way. According to the institutional logic of the Belgian political system, this military authority (like any other constitutional prerogative of the King) could only be exercised when a cabinet minister took political responsibility; but in wartime, Albert I saw it as his duty to take military operations into his own hands, without bothering too much about ministerial approval of his acts. Thus the King (1870-1934), who had succeeded his uncle Leopold II only a few years earlier (in December 1909), was far more than a symbolic figure: he played a decisive role in Belgian war policy [6].

This explains why informing the King was more than a matter of protocol. Jules Renkin, a Catholic lawyer and politician (1862-1934) who was in charge of the Ministry of Colonies since its creation in 1908, was well aware of this. When the war broke out, he had been confronted, for some years already, with the difficult task of ridding the Congo of the controversial heritage of Leopoldian rule: especially by reforming administration, changing labour policy, reorienting econ-

omic activity, and securing international recognition (particularly by the United Kingdom, a goal achieved as late as 1913). But in August 1914, he unexpectedly had to face new and enormous challenges, since Belgium was not only at war in Europe, but also in Africa. The Belgian colonial possessions in Africa gave another dimension to the country's involvement in the Great War, not only in the military and diplomatic, but also in the economic domain.

Given the huge geographical distance between the Congo and Belgium and the smaller (but nevertheless significant) one between the King's headquarter in La Panne and the government's seat of exile in Sainte-Adresse, the flow of information was crucial. This explains Renkin's initiative, which is at the centre of this article. Once things more or less settled down at the end of 1914, after the stabilization of the front lines, the Minister of Colonies began to write a special report on colonial affairs, every three or four weeks, intended for the royal eyes only. Several documents (copies of letters, telegrams, reports, etc.) accompanied these summaries of recent events. In total, fifty-seven reports were sent to the King, from November 1914 to November 1918.

Not surprisingly, only a few copies were made of these confidential documents. Apparently, the original collection, sent to Albert, has since been lost; no trace of it could be found in the Royal Archives. The reports are also missing from Renkin's (rather meagre) personal papers, kept in the Belgian national archives (*Archives générales du Royaume*). But fortunately, Renkin also sent a copy of his reports to the Prime Minister. From 1914 through June 1918, Charles de Broqueville, a prominent Catholic politician, was the head of the Belgian war cabinet. Shortly before the end of the conflict, internal political frictions led to his replacement by another Catholic and rather second-rank politician, Gérard Cooreman. Supposedly, before leaving office, de Broqueville passed on the complete collection of the Congo reports to his successor. This could explain the documents' presence in the personal papers of Cooreman, which were handed over by his heirs, in the late 1980s, to a private archive centre in Leuven, Kadoc (formerly *Katholiek Documentatie- en Onderzoekscentrum*, now renamed *Documentatie- en Onderzoekscentrum Religie, Cultuur en Samenleving*) [7]. Since then, the now publicly accessible reports have been consulted by a handful of specialists [8] (and some students writing their master's theses). But since this source is both rich and not easily accessible (and kept in a not so easily accessible location), I have prepared an integral edition of the Renkin reports, hoping that this initiative would further the use of this important source by other (particularly foreign) historians [9]. Let us now examine the content of these documents, selecting and commenting on some interesting passages [10] — not with the intention of drawing a complete picture of the period, but rather to indicate how the reports (could) fit into it, and how their content can shed new light on some of its aspects.

Waging War and Managing Diplomacy

Notwithstanding the title of some books (*e.g.* the “forgotten front”), the African dimension of the First World War has been examined rather well by foreign — *i.e.* non-Belgian — historians [11]. While the Germans were defeated quite rapidly in Togo and South-West Africa (in August 1914 and July 1915, respectively), Allied victory was harder to achieve in Cameroon (March 1916) and especially in East Africa, where the famous companies of General Paul von Lettow-Vorbeck only surrendered days after the termination of the war in Europe (25 November 1918) — although the greater part of German *Ostafrika* had by then, and for some time already, fallen into the hands of their opponents. Belgian colonial troops — the so-called *Force Publique* — participated in both the Cameroon and, more prominently, in the East-African campaigns. While the Belgian presence in the first one may not have been of crucial importance to French victory in this colony, the Congolese colonial military played a greater role in the operations of what was to become British East Africa. The *Force Publique* temporarily intervened in Northern Rhodesia as early as 1914 (and again later on), in order to help the British authorities threatened by German troops south of Lake Tanganyika. But the *Force's* main confrontation with the enemy took place in other regions on the eastern border of the Belgian colony. Small attacks by the Germans on Lake Tanganyika had officially put an end to the neutrality of Congo in the very first weeks of the war and had drawn the Belgian colony into the conflict [12]. Combat on Lake Kivu had led to the occupation of the island of Kwidjwi, the only part of the Congolese territory taken over by the Germans. It was in this region that the Belgian colonial troops were to launch a large-scale attack on German colonial territory in April 1916, after many months of difficult logistic and military preparations, and after many tensions with British authorities. A successful campaign led, first of all, to the occupation of Rwanda and Burundi and, later on, to the conquest of the important East-African town of Tabora (September 1916), a feat of arms that was to figure prominently in Belgian military annals. This region was handed over to the British in February 1917, much to the frustration of many Belgians. But the *Force Publique* continued its cooperation with the Allies throughout this same year, participating, for instance, in the victory at Mahenge (October 1917).

Such is, summarized in a few words, the history of the Belgian Congolese military involvement in the First World War. Do the Renkin reports shed new light on these events? They indicate, first of all, how the Colonial minister informed the King. Given the very nature of the documents — only the head of state (and the Prime Minister) would read them — Renkin regularly reported quite sharply on what happened in the field, an evaluative element missing in official statements and propaganda. Deficiencies in Belgian military command were bluntly communicated:

Nous avons estimé, sur examen des rapports, que les combats du 12 janvier 1915 à Luvungi et du 8 juin sur la Ruzizi n'avaient pas été conduits suivant les règles. Nous estimons que l'officier qui commandait à Luvungi s'est laissé surprendre par défaut de vigilance et qu'il est regrettable qu'on l'ait félicité quand il devrait, à notre avis, être puni. Nous pensons aussi que le 8 juin le commandant Woeste a donné un ordre coupable quand sans nécessité il a commandé à M. de Clairfayt [*sic*] et à son Lieutenant de prendre par un assaut de front une redoute ennemie. C'était inutilement envoyer deux officiers à la mort. M. de Clairfayt a été tué et son compagnon grièvement blessé. C'est pourquoi le Ministre prescrit à M. Tombeur d'ouvrir sur ces faits une enquête approfondie [13].

Moreover, such problems were not confined to subaltern officers. Even the high-ranking commanders of the *Force Publique* were not always up to standards, at least in Renkin's eyes. According to the minister, one of the top officers, Josué Henry de la Lindi, a famous colonial figure who had earned quite a reputation during the early period of conquest and "pacification" under Leopold II, had failed as leader of one of the main components of the Belgian colonial troops. He had to be recalled to Belgium, so the minister told the King. Needless to say, Henry's disgrace was not made public.

Ma conviction est faite désormais: M. Henry n'a pas justifié la confiance du Gouvernement. Cet officier a prouvé qu'il ignorait tout des nécessités d'une campagne, qu'il n'a pas au moindre degré l'intuition de ce qu'est l'organisation d'une armée. [...] Je pense qu'il y aurait danger à maintenir M. Henry à la tête du groupe-ment du Kivu. Je suis d'avis qu'il est désirable que M. Henry soit renvoyé à ses fonctions civiles. M. Tombeur [*the commander in chief of the Belgian colonial troops in the East*], il est vrai, a le pouvoir de prendre cette décision. Mais je me demande s'il se reconnaît une autorité morale suffisante pour frapper un homme auquel ses services passés indiscutables ont donné une réputation et un prestige exceptionnel dans la Colonie et dans les milieux coloniaux en général [14].

Informing the King was more than a matter of courtesy; given his position as military commander in chief, he had a prominent, even decisive role in nominations and promotions of high-ranking military personnel. The same goes, of course, for the top civilian administrators, as we shall see; so Renkin's reports and some of their accompanying notes enable us to break through the veil of discretion that usually shrouds high-level personnel matters.

Military history is of course much more than a chronicle of combat and troop movements. Even if the Renkin reports provide a synopsis of the latter, other sources are better suited for this purpose (*e.g.* published memoirs, official war accounts, etc.). In addition, the documents presented here also inform us abundantly of the long and painstaking preparations of the campaigns, and of the tremendous logistic difficulties accompanying them. Before the war, the *Force Publique* was not organized as a real military force or able to sustain long-term

operations in the field. It was more of an internal police force, intended to keep law and order within the colony and to undertake punitive expeditions against recalcitrant populations. The logical result of this was that its forces were disseminated over the Congolese territory [15].

Building up a real army was an urgent task requiring important efforts. The *Force Publique* also lacked the equipment and the weaponry indispensable for a modern war. Renkin meticulously listed all his efforts to buy rifles, ammunition, guns, medical supplies, food provisions (not forgetting wine and champagne for the officers), uniforms and other standard equipment, and to transport all of these to the far-away terrain of operations in the heart of Africa. Even if the overall results seemed successful (in the end, the Belgian troops *were* victorious), everything was not always going well.

L'intendance d'Afrique ne paraît pas avoir été tout à fait à la hauteur de sa tâche pendant la première partie de la campagne. Il est certain que beaucoup de ravitaillements envoyés d'ici ne sont pas parvenus en temps utile ou sont restés trop longtemps en souffrance [16].

Of course transport and communication went hand in hand, but both elements were far from easy on the difficult African terrain. Knowing what exactly was happening on the ground, was hardly obvious. Rumours were rife, reaching even the highest (ministerial and royal) levels: the Renkin reports contain several examples of this fog of war. Particularly annoying was the fact that the British ally seemed to be better informed. Insufficient military intelligence could have important political consequences, and this aspect was all the more delicate since relations between the Belgian and British authorities were regularly fraught with tensions, as we shall see soon.

Nous remarquons une grande irrégularité dans le service télégraphique entre Lukuga et Boma. Nous en avons fait l'observation et donné des instructions. Il est frappant que les anglais aient pu avertir l'Amirauté du résultat du combat du 26 décembre plusieurs jours avant que nous en ayons eu la nouvelle certaine [17].

The Belgians made some important efforts to extend the telegraph network over the Congolese territory [18], and this of course made the exchange of information easier. But this crucial conduit was not entirely a matter of technical infrastructure, but also of internal organization.

Nous avons été frappés de la pénurie de nouvelles militaires venues de M. Tombeur. Il arrive certainement que les autorités africaines négligent de nous tenir au courant de certains événements. Nous ne nous expliquons pas ces lacunes dans les informations. C'est pourquoi nous avons expédié le 4 mars un télégramme demandant des renseignements précis sur les points essentiels et le 10 mars nous avons prié M. Tombeur de nous envoyer un rapport télégraphique bi-mensuel et de nous expédier par la voie orientale le

double de ses rapports au Gouverneur Général. Jusqu'à présent, nous n'avons pas la réponse de M. Tombeur [19].

In short, the Renkin reports contain important material for an organizational study of the African campaigns of the Belgian-Congolese troops.

Military operations are of course closely linked with diplomatic contacts. Given the very nature of the events, Renkin regularly reported on relations with the United Kingdom, either with the British ambassador to the Belgian authorities, Sir Francis Villiers, or with His Majesty's ministers and other high-ranking officials in London. We have just alluded to the fact that the understanding between Belgium and the UK was not always optimal.

Il est évident qu'il existait chez certains officiers anglais des dispositions malveillantes à l'égard des belges. Nous les avons signalées au Département des Affaires Etrangères. L'évènement a confirmé la réalité de nos affirmations puisque deux jours après notre lettre au Baron Beyens [*the Belgian Foreign Minister*] nous apprenons que le Général Smuts avait renvoyé le Général Crewe pour sa malveillance à l'égard des belges. Les faux bruits répandus sur la valeur de notre administration et la tenue de nos troupes ont amené le Ministre, d'accord avec son collègue des Affaires Etrangères, à envoyer Mr. Orts [*diplomatic counsellor of the Belgian Ministry of Colonies*], très au courant des faits, chez Sir Francis Villiers. [...] Cette démarche empêchera dans tous les cas le Gouvernement britannique de faire état des accusations de certains de ses agents car il sait maintenant qu'elles sont fausses et que par contre il y aurait beaucoup à dire sur la tenue des troupes boers dans l'Est Africain [20].

Such Belgo-British differences of opinion not only occurred in Africa, but also in high diplomatic circles. British authorities had an ambivalent attitude towards Belgian intervention, *e.g.* in Northern Rhodesia. In Belgian eyes, their ally had been hesitant and was, in the end, ungrateful towards the Belgians, who had successfully helped them. The occupation policy in recently conquered *Ostafrika* was another contentious issue. Were the Belgian troops to control the region of Tabora, or were they to hand it over to the British? Without recounting the story in all its details, the Renkin reports may usefully complement a foray into diplomatic archives.

Un désaccord s'est produit entre l'Angleterre et nous au sujet de l'administration des territoires occupés. Le Département des Colonies avait prescrit au Général Tombeur de prendre les mesures nécessaires à l'administration par les belges des territoires qu'ils occuperaient. Or, le Gouvernement anglais, après que nos instructions étaient envoyées, a exprimé au Gouvernement belge le désir de voir confier aux autorités anglaises l'administration civile de tous les territoires de l'Est Africain allemand qui seraient occupés par les Alliés et il insiste pour que nous adhérons à sa proposition. L'attitude prise par le Gouvernement anglais crée une situation délicate. Il n'est certainement pas logique de faire administrer par les autorités anglaises les territoires conquis par les belges. Une telle mesure créera des complications de tous genres.

D'autre part, nous devons éviter de froisser les anglais. Le Ministre des Colonies compte s'entendre avec le Ministre des Affaires Etrangères pour tenter de donner à cette question une solution favorable sans compromettre l'entente parfaite avec les anglais [21].

According to the Belgians, the new position they had acquired in East Africa by force of arms was a “bargaining chip”, to be used carefully, in order to achieve essential war objectives, such as the extension of Belgian sovereignty at the mouth of the Congo River (at the expense of the Portuguese). After the war, the occupation by the *Force Publique* of the former German territories of Rwanda and Burundi — only superficially mentioned in Renkin's reports — would lead to the Belgian mandates established by the League of Nations. But as the last sentence of the previous citation makes clear, the Belgian government itself was divided on the African issue, Renkin being at loggerheads with Foreign Minister Eugène Beyens. Unfortunately (but understandably), our source is extremely discrete about this; only a few allusions can be decrypted by critical readers, with a heightened awareness of the intricacies of Belgian wartime politics [22].

Administering the Colony

As we have said earlier, very little is known of the non-military (and diplomatic) aspects of Congolese history during 1914-1918. Renkin's reports certainly help fill this gap in our knowledge. Apart from many other problems, the German occupation of Belgium also created important administrative ones. The bulk of the Belgian administration, e.g. the national ministries, with their archives and most subaltern personnel, were left behind in occupied Brussels. The German authorities gratefully grabbed this opportunity to wage a propaganda war by going through the captured archival records and by publishing some “interesting” documents illuminating the *Reich's* point of view in controversial diplomatic matters — and this was also the case for the Colonial ministry [23]. The Belgian ministers in exile, on the other hand, had to rebuild an embryonic administration, and so did Jules Renkin with his young colonial department. Some offices were located in Le Havre, but another important branch of the *Ministère des Colonies* was soon opened in London, since crucial economic, commercial, communication and financial links with the colony were managed from this country. Renkin informed the King of the activities of the London branch of his ministry on a regular basis, as well as of his own stays in the British capital, where he established contacts with both Belgian and foreign business leaders and with UK officials (see below).

While metropolitan colonial administration was in turmoil, especially in the beginning of the war, the Belgian colonial apparatus in Congo itself remained intact. But that did not mean that all was going well, on the contrary. Once again, the Renkin reports provide us with glimpses of some of these problems. On the

eve of the war, the difficult Leopoldian heritage had not been entirely overcome and organizational deficiencies and unqualified colonial personnel still had a negative impact.

Il a été établi par les rapports de la mission d'enquête rédigés en 1912 et 1913 que des graves défauts existaient dans l'administration locale, spécialement en matière de travaux publics. Sa Majesté a été mise au courant de la situation et une réforme radicale a été préparée. Il serait impossible de la réaliser sans introduire dans le personnel d'Afrique des éléments qui en relèvent le niveau. [...] Toutefois, si le Roi désire qu'il soit télégraphié en Afrique, le Ministre le fera volontiers. Mais il ne pourrait dissimuler, sans manquer à son devoir, que selon toutes probabilités le choix du Gouvernement local ne sera pas plus heureux cette fois qu'il n'a été pendant les cinq années au cours desquelles il a désigné librement les chefs dont la gestion a donné de si mauvais résultats [24].

Renkin's reports often mention the difficulties in recruiting personnel not only for the army, but also for the administration. They also allude to some specific problems within the Congo administration, such as internal rivalries and jealousy between civil servants ("On sait assez que les Africains [= the civil servants in Congo] se jalourent et qu'ils aiment à empiéter sur leurs attributions réciproques. Ce fâcheux travers a été de tout temps une cause de difficultés et de conflits", so mentions the report covering the period 16 January to 8 February 1915).

On a more structural level, the Congolese administration was confronted with constant frictions between the "civilians" and the "military". Many colonial administrators had started their career in the Belgian army before going to the Congo, where they had left the military to obtain a post as *commissaire de district*, as *administrateur territorial* or even as governor or vice-governor-general. When the war broke out, they often claimed a commanding post in the *Force Publique* — much to the dissatisfaction of the "professional" officers who had stayed in the *Force Publique* but saw their career opportunities threatened now that real military action was there at last.

La division des pouvoirs civils et militaires dont la nécessité est démontrée par l'expérience est difficilement acceptée par les officiers du service territorial. Dès qu'il est question d'opérations militaires, ceux-ci ont une tendance à accaparer la direction et écartent les officiers de la Force Publique. [...] Si, dans certains cas exceptionnels, comme celui de M. Henry [*the same person as mentioned earlier*] de telles mesures sont acceptables, il faut bien admettre que leur généralisation serait incompatible avec une solide organisation de la Force Publique. [...] Si les Gouverneurs et les Vice-Gouverneurs et les autorités territoriales se consacrent aux opérations militaires, les fonctionnaires de la Force Publique devront-ils s'occuper de l'administration, du commerce, de l'impôt et de la politique indigène? [...] Il [*Renkin speaks of himself in the third person singular*] croit en conscience que la bonne organisation de la Force Publique et son avenir exigent qu'on utilise ses chefs dans les moments de danger, faute de quoi on décourage le cadre et on rendra le recrutement difficile [25].

Managing these tensions was a constant worry for the minister. For the appointments at top functions, Renkin had to strike a delicate balance between different (not to say diverging) personalities; some of his reports go into the details of these difficult choices, since the King had his say in these matters. One affair was particular important, namely the replacement of the governor general. In early 1915, Renkin explained to the king at length that Félix Fuchs had mismanaged Congo's wartime problems and that he had to be recalled to Europe. Soon after this, he was indeed discreetly forced out of office and replaced by a better administrator, Eugène Henry (not to be confused with the above mentioned Josué Henry).

Ces deux lettres établissent que le Gouvernement local, en deux matières importantes, a commis de graves erreurs. L'administration du personnel a manqué de toute prévoyance. Dans l'achat du ravitaillement des dépenses injustifiables ont été faites. Le Gouverneur Général n'a sur le personnel ni l'autorité ni le contrôle nécessaire dans les circonstances actuelles et la comparaison entre l'administration du Katanga et celle de Boma [*the capital of Belgian Congo*] est, à cet égard, tout à fait caractéristique. De ce fait, le Ministre conclut que le rappel de Monsieur le Gouverneur Général s'impose. [...] Il importe d'avoir à Boma un chef énergique, capable d'obtenir du personnel le dévouement et l'effort, et de faire face aux difficultés qui pourraient naître des circonstances. M. Fuchs semble débordé par ces difficultés, malgré l'appui des conseils précis et des ordres formels du Gouvernement central [26].

Personnel is one thing, structures another. Without efficient rules and procedures, the best staff would not be able to run the colony in a proper way. Some important administrative reforms had been undertaken before 1914, but this effort could not be stopped during the war, on the contrary. On several occasions, Renkin's reports mentioned these reform procedures (sadly without going into much detail). Finance and budgetary administration, for instance, was pointed out as an important target for such reorganization.

Le service des recettes et de leur contrôle dans la colonie est loin d'être parfait. Son organisation offre de sérieuses difficultés à l'administration. Le ministre a profité de son passage à Londres pour négocier avec la Banque du Congo la reprise par elle du service des recettes dans chaque district. [...] Le ministre a jugé nécessaire de faire entreprendre un grand travail de révision de la situation financière de la colonie. Il lui paraît indispensable de simplifier encore les formalités administratives qui nous encombrant de paperasses inutiles, de faire étudier de près la situation et l'emploi de la dette publique, la simplification et la réforme du budget. Le ministre désirerait en effet pouvoir présenter au plus tôt une situation financière clairement mise à jour. Le plan définitif du travail sera élaboré sous peu [27].

Unfortunately, little is known of the administrative history of the Belgian colony; to get an idea of the legislation and administrative regulations which were introduced during the First World War, one must have recourse to contemporary

sources [28]. Once again, the ministerial reports contain some interesting pieces of evidence for a much-needed scientific study.

Securing Colonial Economic Activity

Despite some spectacular achievements in the late 19th and the early 20th century — mainly due to the *Raubwirtschaft* that had created the (in some respects bad) reputation of Leopold's Free State (ivory and rubber) — Congo's first real economic expansion dates back to the 1920s. Of course, this boom did not just come out of the blue. The previous war undoubtedly played some part in this process, but the precise link between both phenomena has never been examined.

One of the most urgent tasks Renkin had to face, even before the start of large-scale military action, was the preservation and restoration of Congolese economic activity. The war had broken off commercial and financial links with the colony. Shipping had almost come to a halt and the credit market was frozen. At the end of 1914, things gradually returned to normal. In January 1915, the Minister of Colonies went to London to meet the top business leaders, since the main colonial enterprises had relocated their seat to the British capital. His reports illuminate the different (especially financial) measures he took in order to restore and secure Congo's links with the global economy. Although Renkin himself did not explicitly mention this, these meetings certainly had some influence on the creation of the *Association Belge des Intérêts Coloniaux*, the interest group of Belgian colonial business, which was to become very influential.

Congolese export soon went through a formidable expansion. Special export value rose from 52 million Belgian francs in 1914 to 164 million in 1917 (quantities going up from 32,000 to 81,000 tons). Import, on the other hand, was marked by a sharp but temporary dip in 1914-1915, but recovered afterwards, without reaching the high growth levels of export (special import value rose from 44 million BEF in 1914 to 59 million in 1917) [29]. The enormous demand of the Allied and American wartime economies for primary commodities was of course the driving force behind this buoyant export. Congo became increasingly integrated into world economic markets. Both businessmen and politicians were delighted with this development.

Dans une lettre «Cabinet» du 14 décembre 1917, le Gouverneur Général écrit au Ministre: «N'est-il pas providentiel qu'en cette période de bouleversement général, alors que la guerre sévit ou a sévi à nos frontières de l'Ouest et de l'Est, que nos effectifs sont réduits à l'extrême et que tous les services sont saignés à blanc pour satisfaire aux exigences militaires, notre colonie — la seule assurément en Afrique — se développe à vue d'œil, que ses ressources s'accroissent et que le commerce prend une telle extension que j'en suis le mouvement avec inquiétude, dans la crainte de voir nos moyens de transport ne plus lui suffire». L'accroissement des exportations menace, en effet, de créer une crise de transport [30].

This was indeed the downside of the above developments: could the Congolese infrastructure support this rapid expansion? Under Leopold's regime, some important — even fundamental — steps had been taken in the creation of a transport network in the Congo. But in 1914-1918 some of its parts were already worn out and utterly unadapted to new needs (e.g. the railway between Leopoldville/Kinshasa and Matadi), while in other regions important railway links were still missing. The fluvial infrastructure was also of utmost importance in this densely irrigated country, and this transportation network was similarly in need of modernization. Thus, an important part of Renkin's activity consisted in identifying and tackling these problems. Railway construction continued during the war, and the minister kept the King informed of these projects. But of course, the transport networks also had to be *exploited*, and in this context the (semi-)private transport companies made their appearance in Renkin's report. The reader regularly accompanies the minister in his contacts with the company's directors, and these relations were not always cordial. In some cases, the enterprises' wishes and/or performance did not match ministerial expectations, and Renkin's reports bear the marks of ensuing negotiations:

Le service des transports maritimes laisse à désirer et le fait que la Compagnie belge maritime n'assure pas suffisamment l'enlèvement régulier des marchandises est une entrave pour les opérations de crédit. Des observations sérieuses ont été adressées à la compagnie.

La compagnie du Chemin de fer de Matadi ou plutôt son Directeur a demandé le relèvement du tarif pour les manutentions à Matadi. [...] Le Ministre s'est refusé au relèvement du coût de la manutention et a déclaré à la compagnie qu'il s'opposerait à tout relèvement des tarifs qui ne serait pas imposé par les conventions, ajoutant qu'il considérait la politique de la compagnie dont l'unique préoccupation semble être le profit immédiat, comme incompatible avec le progrès économique de la Colonie aussi bien qu'avec la bonne gestion des intérêts des actionnaires [31].

The scholar looking for statistical data will of course be gravely disappointed by this source, since it only provides disparate and discontinuous qualitative evaluations of Congo's main products. But in some cases, this information is certainly worth considering, for example in the evaluations of the past, present and future of the agricultural sector. During the war, the agronomist Edmond Leplae — the father of the famous *cultures obligatoires*, the crops that the Congolese population were forced to grow — travelled throughout the colony and reported back to minister Renkin, who, in turn, passed this information on to the King.

Les constatations faites par M. Leplae sont encourageantes. Les expériences de culture faites par l'Etat indépendant du Congo ont abouti en somme à un échec général. On en a conclu que les cultures ne réussissaient pas au Congo. [...] Il fallait réagir, mais ce n'était pas facile. Il était nécessaire, avant tout, de démontrer que si les cultures de l'Etat indépendant n'avaient pas réussi, cela ne tenait ni à la nature du sol, ni aux conditions

de la Colonie, mais bien à l'erreur des hommes. Les cultures de l'Etat indépendant n'ont pas réussi parce qu'elles ne furent pas précédées d'expériences conduites par des hommes compétents et que les cultures furent faites par des hommes qui ignoraient même les éléments de l'agriculture. Dans de telles conditions, l'échec était inévitable.

Aussi fûment [*sic*] nous obligés d'abandonner la plupart des anciennes plantations mal établies, malingres, envahies par les maladies et de recommencer sur nouveaux frais et d'après une méthode nouvelle tout le travail agricole. Il fallait créer un corps d'agronomes compétents et envoyer des hommes choisis faire des voyages d'études; établir les maladies cryptogamiques et les insectes qui menaçaient les plantations, unifier la composition des terrains pour l'analyse, sélectionner les meilleures variétés, pousser méthodiquement les expériences scientifiques de culture et d'élevage dans les divers établissements fondés par l'administration nouvelle. Ce grand travail exigeait des années. Aujourd'hui nous sommes arrivés à des conclusions favorables et décisives pour toutes les cultures tropicales étudiées. Le rapport de M. Leplae établira que les cultures de café, de cacao, de riz, de coton, de sisal, d'élaïs, d'hévéa, et en général toutes les cultures tropicales seront rémunératrices au Congo. M. Leplae est d'avis que les cultures indigènes se développeront aisément, mais il insiste sur la nécessité des cultures de plantation que les belges doivent entreprendre et dont le succès lui paraît assuré [32].

In an attempt to secure the economic future of Congo, the Minister of Colonies also tried to attract foreign investors, in particular American capital. His reports mention several contacts with prominent US businessmen potentially interested in the Congolese market. This comes as something of a surprise, since Belgian colonial authorities and entrepreneurs, at least after the war, seemed rather "nationalistic", keeping foreign investors at arms' length rather than welcoming them in "their" Congo [33]. Renkin's reports thus offer us interesting hints, to be researched more thoroughly through other sources, in order to gain a better insight into the dynamics of Belgian Congo's links with international capital.

Silencing the Social Aspects

After reading through the whole series, the critical reader will notice that several important aspects of the colony's wartime history are conspicuously absent. For instance, what of the colonized population itself? The Congolese themselves seldom had the honour of being mentioned by the ministerial pen. Only a careful indexing of the reports enables the historian to spot the rare passages where social aspects are mentioned. For instance, an American protestant missionary, Motte Martin, complained about bad treatments inflicted on the indigenous peoples in the Luebo area. He even managed to meet the minister himself, but to no avail: "Les faits paraissent très exagérés", so wrote Renkin [34]. Furthermore, the minister rarely hints at the situation of the black troops. He praises their "remarquables qualités" and assures the King that "nos soldats noirs se sont montrés étonnants d'ardeur, d'ingéniosité, de mobilité, de dévouement" [35]. But not a single

word is said about the appalling living conditions and high mortality of the troops. These aspects have only recently been investigated by a Belgian historian [36]. Moreover, a dramatic side about the human cost involved by military operations lies in the huge workforce mobilization necessary to carry all the military goods through Congo to the theatre of operations and to accompany the combat forces. Many thousands of Congolese were forced into this deadly activity: approximately 260,000 during the whole course of the war (of a total Congolese population of some 9.5 million in 1925). In this carrier corps, mortality rates varied from 5 to 30 %, according to the situation (far from or close to the theatre of operations). All in all, about 25,000 carriers lost their lives. By comparison, the black colonial troops themselves numbered 15,000 in the beginning of the war, increasing to 25,000 soldiers by 1917. The *Force Publique* suffered about 2,000 black casualties over the whole course of the war (whereas fifty-eight white officers and non-commissioned officers died during the campaigns). Renkin's reports sometimes allude to the painful problem of the *portage*. Witness the following passage illustrating the complexity of this problem:

La question des transports est particulièrement importante. Le Département n'est point d'avis de recruter des porteurs dans le centre de la Colonie, comme le demande Mr. Tombeur. Il n'est ni pratique, ni humain d'envoyer dans les montagnes du Ruanda des hommes du centre de la Colonie. Ils y périront. Il paraît bien plus expédient et plus économique aussi de lever et de payer des porteurs dans les populations nombreuses du Ruanda [37].

Even less is said concerning the situation and state of mind of the Congolese population in general. Some reports vaguely mention problems of overtaxation and of frictions between the colonial subjects and greedy white traders; other passages allude to possible or actual troubles in parts of this huge territory. These exceptional hints are certainly not in proportion to the real extent of the phenomenon: for the single year 1915, the *Rapport annuel* of the Belgian Congo (an official, published document) listed no less than twenty-one *opérations de police* and nine *opérations militaires* carried out over the whole of Belgian Congo to restore law and order and repress indigenous trouble-makers [38] – but no trace of this in Renkin's reports [39].

Conclusion

This brings us to a final synthetic evaluation of this source. To be sure, these documents do not contain astonishing revelations. Due to the fragmented and sometimes laconic character of the reports, the historian often has to patiently integrate several dispersed pieces of evidence before a clear picture emerges. Moreover, one should not forget the specific genesis of this source: as is to be expected, its author

was not inclined to cast a negative light on his own actions, quite the contrary. It goes without saying that the reader always has to bear this in mind when reading the reports. We have also seen that some important dimensions of Congo's history are almost completely ignored. But, on the other hand, the Renkin reports certainly are worth consulting. Thanks to their continuity, they offer an interesting overview of wartime developments in this important African colony. They also provide an excellent idea of what top-level politicians knew and thought about the war, propagandistic rhetoric left out; they shed light on some decision-making processes. Given the many facts and problems mentioned — and sometimes extensively analysed — this report collection would be an excellent starting point for research in other archives or published sources. From a thematic point of view, war operations, diplomatic contacts and military logistic organization emerge first in order of importance, as was to be expected; but colonial administration and above all wartime economic history also appear prominently in the research topics that could benefit from this source. Let us hope that this short presentation will generate new interest in these documents, after decennia of accidental and unjustified oblivion.

NOTES AND REFERENCES

- [1] For a general overview, see G. Vanthemsche, "The Historiography of Belgian Colonialism in the Congo", in C. Levai (ed.), *Europe and the World in European Historiography*, Pisa, Edizioni Plus – Pisa University Press, 2006, pp. 89-119 (online: www.cliohres.net/books/6/Vanthemsche.pdf).
- [2] E.g. V. Vaessen, "Les législations sur le contrat de travail de 1910 et 1922 au Congo belge – deux intentions et deux logiques différentes", in *Revue Belge de Philologie et d'Histoire*, 79 (2001-4): 1213-1254.
- [3] J. VANSINA, *Living with Africa*, Madison, University of Wisconsin Press, 1994, p. 285 (note 86) and p. 165 (passage between brackets).
- [4] *Les campagnes coloniales belges, 1914-1918*, Bruxelles, 1927, 1929 et 1932 (3 vol., 406, 616+252 & 458 pp.); see also a handy summary in colonel L. Tasnier & major R. van Overstraeten, *La Belgique et la guerre. III. Les opérations militaires*, Bruxelles, Henri Bertels, 1926 (titre V: «La campagne d'Afrique», pp. 327-356).
- [5] For an excellent overview of Belgian history during the First World War, see S. De Schaepdrijver, *De Grootte Oorlog. Het koninkrijk België tijdens de Eerste Wereldoorlog*, Amsterdam-Antwerp, Uitgeverij Atlas, 1997.
- [6] On the political role of the King in Belgian history, see J. Stengers, *L'action du Roi en Belgique depuis 1831*, Bruxelles, Racine, 1996.
- [7] M. DEMEYER, *Inventaris van de archivalia van minister van Staat Gérard Cooreman (1852-1926)*, Louvain, Kadoc, 1987, 24 pp. (series "Inventarissen", n° 16), accessible through www.kuleuven.be/kadoc or via www.odis.be.
- [8] E.g. I. Vijgen, *Tussen mandaat en kolonie. Rwanda, Burundi en het Belgische bestuur in opdracht van de Volkenbond (1916-1932)*, Leuven, Acco, 2005, 279 pp. (chapter 2: period 1914-1918).
- [9] G. VANTHEMSCHE, *Le Congo belge pendant la Première Guerre mondiale. Les rapports du ministre des Colonies Jules Renkin au roi Albert I^{er} (1914-1918)*, Bruxelles,

Commission royale d'Histoire, 2009 (série in-8°). Some technical aspects of this source edition can of course be found in this book. Most of the numerous annexes were lost; only a few survived in the Cooreman papers. We have also published most of these accompanying documents, leaving out only a handful of technical (military) reports. The reports are kept in files 2.2.4.1/1 to 2.2.4.1/4 of the Cooreman papers in Kadoc.

- [10] The original spelling will be preserved, which means that typographical and grammatical mistakes in the French citations have been maintained.
- [11] To give only a few outstanding examples (and leaving aside the older, official military accounts): M. Michel, "L'historiographie de la Grande Guerre et l'Afrique Noire", in J. Maurin (ed.), *La Grande Guerre 1914-1918: 80 ans d'historiographie et de représentations*, Montpellier, CNRS, 1998, pp. 145-163; Wm. R. Louis, *Great Britain and Germany's Lost Colonies 1914-1919*, Oxford, Clarendon Press, 1967, 167 pp.; Wm. R. Louis, *Ruanda-Urundi 1884-1919*, Oxford, Clarendon Press, 1963, 290 pp.; H. Strachan, *The First World War in Africa*, Oxford, Oxford University Press, 2004, 224 pp.; M. E. Page (ed.), *Africa and the First World War*, London, Macmillan Press, 1987, 231 pp.; A. Samson, *Britain, South-Africa and the East Africa Campaign 1914-1918: the Union Comes of Age*, London, Tauris, 2006, 262 pp.; R. Anderson, *The Forgotten Front: the East African Campaign 1914-1918*, Stroud, Tempus, 2004, 352 pp.; E. Paice, *Tip and Run: The Untold Tragedy of the Great War in Africa*, London, Phoenix, 2008, 488 pp.; T. Oflansky, "A Bibliography of the East African Campaign 1914-1918", in *Africana Journal*, 12 (1981-4): 338-351.
- [12] Initially, Belgium had wanted to keep its colony out of the conflict, but the United Kingdom had opposed this. Moreover, the granting of facilities to the Allies by the Belgian Congolese authorities, even before the German attacks, was in contradiction with absolute neutrality (an attitude which was of course very difficult to maintain, considering the dramatic events on the European terrain!).
- [13] Report covering 21 August to 10 September 1915.
- [14] "Note pour le Roi", 15 October 1915.
- [15] See e.g. B. P. Shaw, *Force Publique, Force Unique: The Military in the Belgian Congo, 1914-1939*, PhD diss. of the University of Wisconsin, Madison, 1984 (chapter 2); P. Marechal, "Philippe Molitor en de verdediging van Belgisch-Congo (1912-1920)", in *Africa-Tervuren*, XXII (1976-2-3-4): 68-93.
- [16] Report covering 21 May to 31 July 1917.
- [17] Report covering 20 December 1915 to 10 January 1916.
- [18] A. Lederer, "Le roi Albert I^{er}, promoteur de la T.S.F. au Congo", in *Bulletin des Séances ARSOM*, 39 (1993-2): 137-155.
- [19] Report covering 1 to 20 March 1916.
- [20] Report covering 11 to 31 October 1916.
- [21] Report covering 10 to 30 April 1916.
- [22] An overview of internal Belgian divergences on diplomatic Congo policy is to be found in an unpublished Master's Thesis: J. Foets, *Een vergeten oorlog: de Belgische bijdrage aan de verovering van Duits Oost-Afrika (1914-1918)*, Ghent, History Department of the University of Ghent, 1984. See also Baron Beyens, *Un diplomate belge au service de son pays 1915-1917*, Bruxelles, Centre Guillaume Jacquemyns, 1981, chapter VIII ("Différend avec M. Renkin, ministre des Colonies").

- [23] *Aus den Archiven des belgischen Kolonialministeriums*, Berlin, 1916; *Aus den Archiven des belgischen Kolonialministeriums. 1. Folge*, Berlin, 1918.
- [24] Note of Renkin to the King, 21 January 1915.
- [25] Report covering 16 January to 8 February 1915.
- [26] Report covering 16 January to 8 February 1915 and “Note pour le Roi” and annexes, n.d. (January 1915).
- [27] Report covering 16 February to 20 March 1917.
- [28] E.g. “Rapport de M. Gohr sur les réformes administratives au Congo belge pendant la guerre”, in *Bulletin de la Société d’Etudes Coloniales*, 26 (March-April 1919-3-4): 77-107 (“Travaux du Groupe d’Etudes coloniales de l’Institut de Sociologie Solvay”).
- [29] Royaume de Belgique. Ministère des Colonies – Office Commercial. *Statistique du commerce extérieur du Congo belge pendant l’année 1915*, Bruxelles, 1915, pp. 7 & 9; *idem (...) 1918*, Bruxelles, 1920, pp. 9 & 11. See also J. Geerinckx, “Histoire économique du Congo belge (1914-1919)”, in *Le Flambeau*, 2 (June 1919-6): 662-688 (esp. p. 674).
- [30] Report covering 16 December 1916 to 16 January 1917.
- [31] Report covering 25 January to 29 February 1916.
- [32] Report covering 15 January to 15 February 1917.
- [33] See G. Vanthemsche, *Belgique et Congo. Empreintes d’une colonie 1885-1980*, Bruxelles, Editions Complexe, 2007, pp. 172-174 (“Nouvelle histoire de Belgique”, vol. 4).
- [34] Reports covering January and February 1918; report covering March 1918.
- [35] Resp. report covering 10 to 31 May 1915 and report covering 16 January to 8 February 1915.
- [36] J. De Waele, “Voor vorst en vaderland: zwarte soldaten en dragers tijdens de Eerste Wereldoorlog in Congo”, in *Militaria Belgica*, 2007-2008, pp. 113-132.
- [37] Report covering 21 May to 10 June 1916.
- [38] *Congo Belge. Rapport annuel 1915*. S.I., pp. 11-13.
- [39] On the other hand, the situation of Congo’s white population is also hardly mentioned; the same goes for the missionary activity, mentioned only two or three times.

Classe des Sciences naturelles et médicales

Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen

Speciation within the Coffee Wilt Pathogen in Africa*

by

Pascale LEPOINT** & Henri MARAITE***

KEYWORDS. — *Coffea* spp.; *Gibberella xylarioides*; *Fusarium xylarioides*; Tracheomycosis; Carbunculariosis; Mating Type Genes; Housekeeping Genes.

SUMMARY. — A critical review of the literature raises the question of the diversity within the fungus *Gibberella xylarioides* (anamorph**** *Fusarium* sp.), also known as the coffee wilt disease pathogen, which has been causing significant losses in various *Coffea* spp. plantations in Africa since the 1920s. Sexual compatibility tests on a Pan-African collection of more than two hundred strains isolated since the 1950s demonstrated a bipolar heterothallic mating system and the existence of a *G. xylarioides* complex encompassing three biological species and an additional sterility group. These results, supported by the phylogenetic analysis inferred from mating type, calmodulin, histone 3 and elongation factor genes, led to the neotypification of *G. xylarioides* and the description of three new species: *G. abyssiniae*, *G. congoensis* and *Fusarium guineensis*. The impact on the understanding and control of coffee wilt is discussed.

MOTS-CLES. — *Coffea* spp.; *Gibberella xylarioides*; *Fusarium xylarioides*; Trachéomycose; Carbunculariose; Gènes de *mating type*; Gènes domestiques.

RESUME. — *Spéciation au sein de l'agent responsable de la trachéomycose du caféier en Afrique.* — Une analyse critique de la littérature soulève la question de la diversité au sein de *Gibberella xylarioides* (anamorphe *Fusarium* sp.), l'agent responsable de la trachéomycose du caféier dans les plantations de *Coffea* spp. en Afrique depuis les années 1920. Une collection de plus de deux cents souches d'origine panafricaine datant des années 1950 a été soumise à des essais de croisement, mettant en évidence un système de croisement bipolaire hétérothallique ainsi que l'existence de trois espèces biologiques distinctes et d'un groupe de souches stériles. Ces résultats, appuyés par une analyse phylogénétique de gènes de *mating type*, calmoduline, histone 3 et facteur d'élongation, ont mené à la néotypification de *G. xylarioides* et la description de trois nouvelles espèces : *G. abyssiniae*, *G. congoensis* et *Fusarium guineensis*. L'impact sur la compréhension et la lutte contre la trachéomycose est discuté.

* Paper presented at the meeting of the Section of Natural and Medical Sciences held on 27 January 2009. Publication decision taken on 24 November 2009. Final text received on 4 December 2009.

** Faculty of Biological, Agronomical and Environmental Engineering, Dpt. of Applied Biology and Agricultural Productions, Catholic University of Louvain, Croix du Sud 2, box 1, B-1348 Louvain-la-Neuve (Belgium).

*** Member of the Academy; Faculty of Biological, Agronomical and Environmental Engineering, Unit of Phytopathology, Catholic University of Louvain, Croix du Sud 2, box 1, B-1348 Louvain-la-Neuve (Belgium).

**** For the meaning of specific terms, see glossary, p. 550.

1. History, Current Distribution and Host Range of Coffee Wilt Disease

Coffee wilt disease (CWD), also known as tracheomycosis or carbunculariosis, was first observed in 1927 in a *Coffea excelsa* A. Chev. (= *C. liberica* var. *dewevrei* (De Wild. & T. Durand) Lebrun) plantation in the Central African Republic (CAR, former Oubangui-Chari). The disease initially developed sporadically, becoming evident when trees showed sudden wilting. From 1933 to 1942, CWD reached epidemic proportions and was generalized throughout the country, destroying almost all of the *excelsa* plantations by 1945 (SACCAS 1951). In 1948 Steyaert officially described the anamorph of this novel pathogen, *Fusarium xylarioides*, based on *C. excelsa* samples sent by H. Frederic in 1939 from Bangui (STEYAERT 1948). Saccas reported that this fungus was also affecting *C. neo-arnoldiana* A. Chev. (= *C. liberica* Hiern var. *dewevrei* f. *dewevrei* (De Wild. & T. Durand) Lebrun) and *C. canephora* Pierre ex A. Froehner in 1948 and 1950, respectively in the east and north-eastern regions of Oubangui, and that the intensity of attack was reduced on wild *Coffea* spp. individuals. The ascomycete teleomorph, *Gibberella xylarioides*, was discovered *in situ* and reported as successfully reproducing on a natural host by artificial inoculations as well as in a 'pure culture' (HEIM & SACCAS 1950). After 1953, isolated cases were detected on *C. canephora* var. 'de la Nana' in the west of Oubangui (SACCAS 1956).

At the same time a similar fungus, assimilated to *G. xylarioides*, was also reported in other parts of Africa. FRASELLE (1950) noted the presence since 1949 of a *Fusarium* sp. causing 'limited problems' on *C. canephora* trees in an INEAC plantation at Yangambi (Democratic Republic of Congo [DRC], former Congo belge). Cases of 'coffee wilt' had already been reported in 1937-1939 on *C. excelsa* in the Aba region bordering the CAR/Sudan border; however isolations were unsuccessful (STEYAERT 1948).

In Cameroon, *C. excelsa* and *C. abeokutae* P. J. S. Cramer (commonly known as Indénié) plantations in the eastern parts of the country were totally destroyed between 1938 and 1945. In 1947, Delassus, in collaboration with Jaques-Félix and Moreau, identified *G. xylarioides* as the causal agent of a serious disease on Kouilou (local *C. canephora*), Indénié, and in some rare cases on robusta (*C. canephora* type) throughout the Ivory Coast (DELASSUS 1954). In Guinea (Conakry), coffee wilt was first recorded in 1958 in a government report, but earlier occurrence can be assumed from the number of dead trees observed that same year. In 1962, incidence was particularly high in the N'Zérékoré district on Kouilou and Gamé and had not been detected yet at the northern fringe of the forest. In Guinea a dual source for coffee wilt is suspected, on one hand the imported Kouilou from the Ivory Coast, and on the other, a possible local origin of the disease for a Kissi variety (KRANZ 1962).

STEWART (1957) was the first to give a documented report of symptoms and morphological characteristics of a wilt causing the death of a few *C. arabica* L. trees in Ethiopia (Kaffa Province). More than a decade later, KRANZ & MOGK (1973) authentically identified the pathogen from bark samples of arabica trees affected by a so-called 'sudden death', declaring their findings as 'a first record of *G. xylarioides* from Ethiopia as well as from *C. arabica* L. as a new host'. Since then, coffee wilt has been described as an endemic disease in all coffee growing areas of Ethiopia (PIETERS & VAN DER GRAAFF 1980) but is not considered of economic importance under traditional low-management growing conditions. No cases of wilt have been observed on robusta coffee trees planted in plots adjacent to arabica.

Presently two distinct regions in Africa, corresponding to two distinct *Coffea* spp. cultures, are affected by coffee wilt: the Congo Basin region (DRC, Uganda, Tanzania) and Ethiopia respectively on *C. canephora* and *C. arabica*. CWD is said to have 're-emerged' as a threat to *C. canephora* in the DRC (MFWIDI-NITU 1994) with isolated cases observed in the 1960s near Yangambi, but officially declared as such in 1986 in the Oriental Province (Haut-Uélé district, Isiro-Wamba-Mugbere triangle) reaching up to 50 % of trees affected by 1995. From this initial 'hot spot', the disease apparently spread to neighbouring North-Kivu (TSHILENGE *et al.* 1998) and Equator (Kalonji, pers. com.) provinces. FLOOD & BRAYFORD (1997) reported the observation of the first cases in 1993 in Uganda (Bundibugyo district bordering North-Kivu) and by 1995 central Uganda (Mukono District) was affected. Since then, coffee wilt has been reported to have spread to Tanzania, most probably from Uganda, but has not been detected yet in Kenya or Malawi (HILLOCKS *et al.* 1999, KILAMBO *et al.* 1997). Arabica representing 10 % of Uganda's production remains untouched by the disease.

Over the last eighty years CWD has developed on numerous *Coffea* spp. in diverse locations in Africa (fig. 1). The disease was occasionally detected on wild species but reached epidemic proportions when some genotypes, often named according to the region or population of origin and thus difficult to fit in the modern classification of *Coffea* spp., were grown in plantations. The reported differences in host susceptibility and in epidemic dynamics raise the questions whether the pathogenic fungus *Gibberella xylarioides* (anamorph *Fusarium* sp.) is the same across Africa and whether what is called 'CWD' is the same disease. This in turn leads to the question of the origin of the pathogen and its possibilities of spreading and adapting to widely-grown novel coffee genotypes which could potentially affect disease control strategies. On the other hand, the widespread occurrence of CWD on several coffee genotypes in Africa contrasts with the absence of report from Central and South America or from South Asia where *C. arabica* and *C. canephora* varieties have been grown on a large scale for centuries.

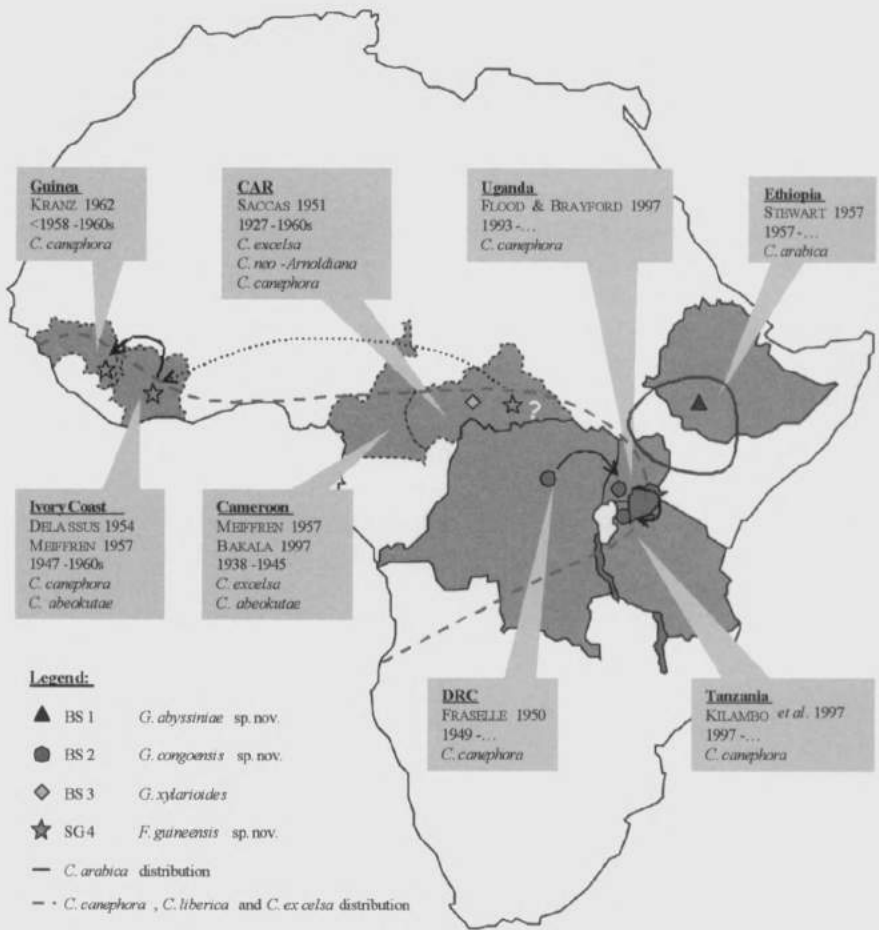


Fig. 1. — Distribution of coffee wilt across Africa since its first report on *C. excelsa* in 1927 in the Central African Republic (CAR) to present. There has been no report of the disease in the past fifty years from countries delimited by a dotted outline; those currently affected are delimited by a full outline. For each country, data concerning dates of initial observation of coffee wilt, *Coffea* species affected and bibliographical references are indicated. Putative paths of dissemination (black arrows), *Coffea* spp. distribution and biological species (BS) and sterility groups (SG) defined in this study are also indicated.

2. Coffee Wilt Disease Life Cycle

2.1. MODE OF INFECTION AND COLONIZATION

Regular observations of wilted trees bearing wounds in plantations and in wild growing *Coffea* sp. populations as well as observations from artificial inoculation trials prompt authors to conclude that infection occurs through wounds located either at the stem base or on superficial roots (FRASELLE *et al.* 1953, KRANZ & MOGK 1973, MEIFFREN 1957, SACCAS 1951, SACCAS 1956).

Artificial inoculations demonstrated comparable levels of pathogenicity induced by conidia or ascospores, refuting a previous hypothesis stating that single spore strains derived from ascospores are more aggressive than those originating from conidia (SACCAS 1951).

After penetration, most of the pathogen vegetative growth phase occurs in the xylem (FRASELLE 1950). The mycelium extends to the fibres surrounding the vessels. Colonization of the centre of the stem as well as to the bark has been shown to occur through the medullar rays. In the bark, colonization appears less obvious except for the presence of perithecia, the sexual stage of the fungus, developing in the cracks of dead tissue. It would appear that the xylem colonization precedes bark colonization (SACCAS 1951).

Because of the uncertainties concerning the infection, other important parameters in the life cycle of the coffee wilt pathogen, such as the duration of the incubation, are unfortunately also still poorly documented. On initial contamination, coffee plants do not show exterior signs of the disease; only a microscopic analysis of internal tissues allows the detection of the fungus. SACCAS (1951, 1956) reported that the incubation period could vary between six days and more than a year. The incubation period most likely varies according to climate, genotype, plant age, volume of plant tissue to colonize, pathogen aggressiveness, etc.

FRASELLE (1950), SACCAS (1951) and MEIFFREN (1957), among others, suspected the involvement of toxins able to induce cell alterations far from the colonized tissues and to interfere with the plant's capacity to react and to limit fungal invasion. This hypothesis needs yet to be explored. Moreover, thyllosis and gummosis are observed.

2.2. SYMPTOMS AND SPORULATION

The symptoms, typical of a tracheomycosis, are associated with the impediment of water transport through the important obstruction of the vessels by mycelia and possibly the above alterations. Chlamydospores and conidia have been observed in vessels, and mycelium has even been observed in petiole sections of wilted coffee plants (SACCAS 1951).

Suddenly, terminal buds blacken; leaves become yellow, flaccid and hang from the twig before drying up and turning brown-black. This phenomenon is commonly called die-back. A few days after manifestation of the first external symptoms, the wilting extends to the whole tree, finally leading to leaf shedding and subsequent death of the plant. Occasionally, initial symptoms can have a hemiplegic expansion or can develop on a single stem before extending to the whole tree.

Another characteristic is the typical longitudinal staining of the wood beneath the cracked bark. Depending on authors, this staining of the wood is described as bluish-black (van DER GRAAFF & PIETERS 1977), brown (MOREAU & MOREAU 1954), brown to dark-reddish (GIRMA *et al.* 2001), brown-black with a purple tinge (SACCAS 1951), dark brown to black (KRANZ 1962), or greyish (JAQUES-FELIX 1950). These reports suggest that infection extends from the collar region or the roots to the upper parts of the stem.

Three to seven days after the death of tissues, a cream white to pinkish-white mycelium mat bearing the conidial fructifications (anamorph) of the fungus develops on the blackened twigs and stems. Within weeks, these mats can develop into a dark stroma on which abundant blue-black protoperithecia differentiate into perithecia. The teleomorph agglomerates in the longitudinal cracks of the bark in the collar region before progressing upwards. Perithecia containing ascospores can still be observed five to twenty-four months after the death of the tree, significantly extending the infectious period of wilted trees.

2.3. TRANSMISSION AND DISPERSION

The potential of coffee wilt transmission through seed has been evaluated by numerous authors of whom the most recent is HAKIZA *et al.* (2004). Results demonstrated that *G. xylarioides* is not seed transmitted and that the rapid long-distance dispersal of the disease, especially from the DRC to Uganda and Tanzania, cannot be attributed to the use of contaminated berries for propagation. On the other hand, authors noted that germination levels were reduced by half when seeds picked from wilted trees were sown, and that these seedlings appeared 'stunted'. Nevertheless, the pathogen was not reported to have been isolated from these plants.

MEIFFREN (1957) was unable to isolate *G. xylarioides* from soil collected at the base of wilted coffee trees or from rootlets of wilted trees. However, the survival of *G. xylarioides* in the colonized cortical and vascular tissues could potentially contribute to soil inoculum if proper sanitary measures are not taken such as the collecting and burning *in situ* of all dying tree parts (including fallen leaves). The relatively short period of two years between uprooting and destruction of wilted trees and replanting, points to a low/inexistent survival capacity in the soil of *G. xylarioides* in comparison to *Fusarium oxysporum*.

It was believed that the pathogen spreads from the initial primary infection sites to other plants either in lines, due to contamination during farming practices, or in irregular patches as other soil-borne diseases. However, through field observations SACCAS (1951) was able to rule out one of these hypotheses and concluded that the progression of the disease from initial infection sites follows a random pattern. Propagation from tree to tree does not seem to be carried out through the soil, nor by the soil.

Most authors consider that ascospores and conidia are dispersed by rain, wind, insects and human activities (pruning, weeding, use of diseased material as a source of firewood or fencing material). This is supported by the pattern of disease spread at a field and regional level, but specific proof is missing. SACCAS (1951) also mentioned that ascus dehiscence and ascospore projection are favoured by alternate humidity and dryness. No data is available to our knowledge concerning the seasonal variation in ascospore or conidia formation and dispersal.

The main elements of the CWD life cycle described on various *Coffea* sp. appear similar. Nevertheless, some differences can be pointed out and many points in the life cycle and epidemiology of *G. xylarioides* remain insufficiently documented (fig. 2).

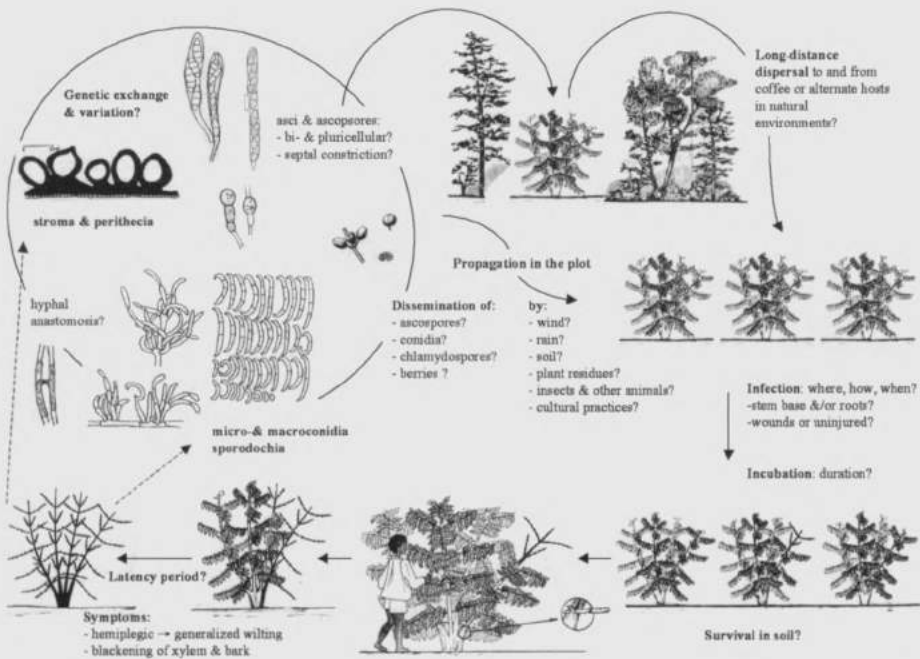


Fig. 2. — The putative life cycle of *G. xylarioides* (anamorph *Fusarium* sp.). Courtesy of H. Maraitte (drawings from BOOTH 1971, MEIFFREN 1957, POCHE 1988, VON BLITERSDORFF & KRANZ 1976).

3. Management Practices

The most feasible control strategy appears to be prevention seeing as symptoms are expressed after occurrence of initial infection and that the fungus progresses primarily in the internal tissues of the plant. No cost-effective curative treatments are presently available. Prevention has historically been carried out using mechanical, chemical and genetic methods ideally used in an integrated manner for maximum impact.

Mechanical methods are based on regular sanitary surveys of plantations, the uprooting and burning *in situ* of all infected trees, disinfection of tools, as well as implementation of cultural practices that limit wounding (FRASELLE *et al.* 1953, JAUQUES-FELIX 1950, SACCAS 1951). Chemical methods are based on fungicides such as Bordeaux mixture, carbolineum mixture, or cupro-insecticides and their regular preventive use on wounds caused by cultural practices or insects, on wilted coffee plants before uprooting, as well as on infected soil after uprooting and burning (POCHET 1988). Large-scale control measures were introduced in the DRC consisting in the regular sanitary survey of plantations and the uprooting and burning *in situ* of all infected trees (FRASELLE *et al.* 1953). Nonetheless, it is apparent that control measures were no longer enforced after the 1950s, resulting in the observation of isolated cases of wilt in the 1960s and 1970s that are currently widespread throughout the Congo Basin region. This method is indeed very costly for small-scale farmers and relies on their understanding and awareness and thus on an efficient training and supervision system.

The most rational and economic method available at present is the development of coffee wilt-resistant planting material. This strategy was applied in former Oubangui-Chari (SACCAS 1956) and in the Ivory Coast by DELASSUS (1954) in collaboration with Meiffren and his team who largely diffused resistant robusta INEAC introduced from the former Belgian Congo (MEIFFREN 1955) and discovered that variety Nana and Kouilou from Madagascar could be interesting assets to the country (MEIFFREN 1957). In Cameroon, decimated *C. excelsa* plantations were also replaced with resistant *C. canephora* (BAKALA 1997). Control measures were equally successful in Guinea (KRANZ 1962). It would seem at present that measures taken in these countries were effective given that no cases have been reported since the initial outbreak in the 1930s to 1960s. However, the re-emergence of CWD on *C. canephora* in the DRC, where the CWD resistant robusta was selected, raises the question of the possibility of development of *G. xylarioides* strains able to overcome host resistance mechanisms. This highlights once again the importance of a better understanding of pathogen diversity and capacity of evolution.

4. Diversity in the Pathogen Morphology

4.1. TELEOMORPH

Initially, Heim & Saccas defined *G. xylarioides* position as 'closely related to *Gibberella*, but differing by the presence of subtly punctuated, uniseptate ascospores, aggregated perithecia, and a xylarioid stroma'. They proposed a new section, or even a novel generic division they called *Carbuncularia*. This was the first official characterization of the teleomorph, *Gibberella* (*Carbuncularia*) *xylarioides* (Steyaert) (HEIM & SACCAS 1950). Perithecia were frequently observed in nature and described as globose to ovoid, brownish-black or blue-black to violaceous in colour, embedded individually or in groups within a blue-black, dark purple or blue-green ramified stromata. The stromata observed emerging in nature from cracks in the bark are also abundantly produced on culture media and described by authors as ramified, 'cauliflower-like', or 'xylarioid' sclerotial plectenchyma up to 5 mm thick. Perithecial dimensions vary between $200-400 \times 180-300 \mu\text{m}$. The asci are cylindrical, thin-walled, shortly pedicellate, $90-110 \times 7-9.5 \mu\text{m}$ with eight monostichous to subdistichous ascospores. Ascospores are hyaline to straw-coloured when mature, fusoid, ellipsoid, ovoid or turbiniform, typically bicellular (exceptionally unicellular or two-three septate) with a clear constriction at the septum and a slightly broader upper cell. Ascospores are finely punctuated measuring $12-20 \times 4.5 \times 5-5.6 \mu\text{m}$ (HEIM & SACCAS 1950). BOOTH'S (1971) drawings representing non-monostichous clavate asci with thick walls containing predominantly three-septate ascospores suggest a possible confusion with another species.

SACCAS (1951) was the first to report the production of perithecia *in vitro* on various artificial media using 'pure cultures'. He also mentioned the production of perithecia on *C. excelsa* and *C. neo-arnoldiana* after artificial inoculations. Nevertheless, for these trials he did not provide information concerning the manner in which perithecia were produced (confrontation or conidial suspension, single or mixture of strains) nor the degree of fertility observed. Moreover, no conclusion concerning the homo- or heterothallic nature of *G. xylarioides* was drawn.

On the other hand, BOOTH (1971) mentioned the formation of perithecia *in vitro* by crossing his 'male' and 'female' strains on various media, and described the pathogen as 'heterothallic with sex-linked morphological characteristics'. VON BLITERSDORFF & KRANZ (1976) were unable to repeat these crossings even by using single spore cultures of Booth's reference 'female' and 'male' strains. Based on these results along with the morphological divergence of Booth's '*G. xylarioides*' strains we can question the origin and identity of the perithecia he observed.

4.2. ANAMORPH

Contrasting with the regular reports of the teleomorph on diseased coffee trees in the field, information on the production of the anamorph is scarce. The first official characterization of the anamorph as *Fusarium xylarioides* was by Steyaert on *C. excelsa* from the CAR (STEYAERT 1948).

VON BLITTERSDORFF & KRANZ (1976) carried out a morphological study with strains from *C. arabica* (Ethiopia), *C. excelsa* (CAR) and *C. canephora* (Guinea) and concluded that these strains agreed in essential microscopic characteristics such as shape, septation and size of micro- and macroconidia with those from the literature. Strains produced within three-four days on malt agar at 25° C and a 12 h photoperiod unicellular curved, allantoid to reniform microconidia agglomerated in mucus forming false heads at the extremity of short conidiophores. After five weeks their size ranged from 4-14 × 1.5-2.8 µm (mean 8-11 × 2.1-2.2 µm). Macroconidia, formed on ramified verticillate conidiophores, appear later on and are characterized by a foot cell and a curved hook. Their size ranged for: non-septate conidia within 9-20 × 1.5-2.5 µm (mean 11-13 × 1.9-2.2 µm), one-septate 11-30 × 1.5-3.0 µm (mean 16-21 × 2.3-2.4 µm), two-septate 16-32 × 1.8-3.0 µm (mean 21-25 × 2.6-2.7 µm), and three-septate 20-35 × 2.3-3.4 µm (mean 26-28 × 2.8-2.9 µm) with one-septate conidia being the most frequently observed. The difference between microconidia and unicellular macroconidia being somewhat tenuous, not all authors distinguish them.

BOOTH (1971) described in his book entitled 'The genus *Fusarium*' two types of strains corresponding to the species *F. xylarioides*. On one hand he describes a 'female' strain that corresponds to VON BLITTERSDORFF & KRANZ (1976) description of *F. xylarioides*, and on the other he described the presence of a 'male' strain characterized by curved conidia 'with a somewhat beaked apical cell and a marked foot cell'; five-seven septate, 62-100 × 3.5-4.5 µm. These characteristics differ greatly from any previous description of *F. xylarioides* by the number of septa observed in the macroconidia, the absence of microconidia, the length of the conidia and basic cultural characteristics. Booth's reference 'male' strain IMI 128389 was identified as a *F. stilboides* mutant by VON BLITTERSDORFF & KRANZ (1976) and more recently as belonging to the *Lateritium* clade by GEISER *et al.* (2005).

4.3. SURVIVAL STRUCTURES

The presence or absence of chlamydospores in *G. xylarioides* has been a controversial subject for authors since initial research in the 1950s and are described, if present, as ovoid to globose, smooth or roughened and 10-14 × 9-11 µm (VON BLITTERSDORFF & KRANZ 1976).

Morphological characteristics of the CWD pathogen show thus a broad variation. No obvious features can be associated with strains from a particular host or

country of origin. Some confusion could have resulted from the simultaneous colonization of wilted plants by *G. xylarioides* and other non-pathogenic or low-pathogenic *Fusarium* spp. (TSHILENGE-DJIM *et al.* 2004). On the other hand, various fungi can produce pycnidia or ascostroma in the bark cracks on stems of diseased or dead coffee trees resembling, for an untrained eye, *G. xylarioides* perithecia. Uncertainty finally exists with regard to the conditions under which this pathogen produces fertile perithecia.

5. CWD Genetic Diversity

It is essential to assess the genetic diversity of the pathogen in question so as to help determine its origin, possible evolution and biology.

Ever since initial observations on *Coffea* spp., *G. xylarioides* has perpetually been associated with diversity, be it at a morphological, pathogenic or taxonomic level. SACCAS (1951) spoke of three distinct races (*C. excelsa*, Oubangui) and MEIFFREN (1957) identified two different forms (*C. canephora* and *C. abeokutae*, Ivory Coast). More recently, GIRMA (2004) proposed two pathogenic forms (*formae speciales*, f. sp.) within the *G. xylarioides* population in the Congo Basin region and Ethiopia, respectively *G. xylarioides* f. sp. *canephorae* and f. sp. *abyssiniae*.

In the frame of the European Union-funded COWIDI (Coffee Wilt Disease) project, teams in Europe and Africa collaborated between 2001-2006 to research on a long-term control strategy based on durable resistance. Our role at the Catholic University of Louvain was to clarify the taxonomic status of the host-parasite complexes defined by previous authors as well as the possibility of gene flow among these complexes and thus the risk of appearance of new pathotypes. Consequently, we decided to focus on the understanding of the sexual cycle and on the genetic diversity it is able to create.

More than two hundred new *G. xylarioides* isolates, including single ascospore strains, were obtained from diseased material collected through the COWIDI network in DRC, Uganda and Tanzania and characterized. The collection was completed with two Congolese strains dating back to 1960 and 1992, strains isolated from diseased *C. arabica* in Ethiopia, as well as by strains originating from CAR, Guinea (Conakry) and the Ivory Coast that date back to the first epidemic (1950s-1960s). All of the strains were deposited in multiple international culture collections.

5.1. SEXUAL COMPATIBILITY AND MATING TYPE

The crossing methodology described in LEPOINT *et al.* (2005) was carried out on carrot agar (CA) with strains from the COWIDI collection in all possible combinations. Purple black perithecia producing an orange cirrhous of ascospores

were obtained when compatible strains of opposite mating types were crossed. Perithecia were not produced when strains were selfed. Mating type was confirmed by PCR-using primers previously developed for the *G. fujikuroi* species complex (GFC) and for *F. oxysporum* (LEPOINT *et al.* 2005). We demonstrated for the first time that *G. xylarioides* has a bipolar heterothallic mating system, controlled by a single locus with two alleles, *MAT1-1* and *MAT1-2*. Both mating types are present in an approximately 1:1 ratio in the different regions sampled, which was expected since the perfect stage is frequently observed *in situ*. Analysis of the progeny from fertile crosses confirmed the potential of the coffee wilt pathogen to outcross. Strains of opposite mating type are morphologically identical and similar to those previously described as *G. xylarioides* 'female' strains (BOOTH 1971), which contradicts Booth's claim of sex-linked morphological characteristics and the existence of a distinct 'male' strain in this species.

Moreover, sexual compatibility assays between strains enabled the identification for the first time of three distinct biological species (BS) in addition to a residual sterility group (SG) containing strains that are incompatible with each other as well as with defined BS. We have thus to consider a *G. xylarioides* species complex (GxC) rather than a single species. GxC BS1 contains Ethiopian *C. arabica*-associated strains, BS2 includes *C. canephora*-associated strains from the Congo Basin region (DRC, Uganda and Tanzania), BS3 encompasses alleged Central African *C. excelsa*-associated strains (dating back to the 1950s epidemic) where as remaining Central and West-African strains (also dating back to the 1950s epidemic) were conservatively assigned to a single sterility group, SG4. Partially fertile crosses characterized by the production of protoperithecia or perithecia containing non-viable structures were sometimes observed for sexual compatibility tests between the three BS or between BS1 and SG4 suggesting some possible interaction. Macroscopic analysis of young PDA or CA cultures exposed to a light source revealed an orange pigmentation in *C. canephora/C. excelsa*-associated strains (BS2, BS3, SG4) whereas *C. arabica*-associated strains (BS1) did not produce this pigment.

Crosses between strains of the defined GxC BS/SG and the eighteen mating population (A to I) tester strains of the GFC were completely sterile. This demonstrates that identified GxC BS represent previously undescribed mating populations within the *G. fujikuroi* species complex (LEPOINT 2006).

5.2. PHYLOGENETIC DIVERSITY

FLOOD & BRAYFORD (1997) and RUTHERFORD (2006) revealed the existence of three distinct genetic groups within strains from the Congo Basin (*C. canephora*), Ethiopia (*C. arabica*) and the Ivory Coast (*Coffea* sp.) but did not establish whether these reflected host specialization or regional populations of the fungus. GEISER *et al.* (2005) subdivided *Fusarium* coffee wilt strains of diverse geographical and *Coffea* spp. origin into two clades (termed 'alleles' by the author) on

account of historical origin based on translation elongation factor 1-a (*tef 1-a*) sequence analysis. The authors reported that *G. xylarioides*, corresponding to Booth's 'female' strain description, is a previously unrecognized member of the *Gibberella fujikuroi* species complex (GFC) African clade. Based on the analysis of recent strains (but not those used by Booth), GEISER *et al.* (2005) hypothesized that Booth's 'male' strain corresponds to members of the *Lateritium* clade, clarifying that Booth's misidentification was most probably brought about by the frequent co-isolation of both pathogens. Moreover, authors hypothesized that *G. xylarioides* might 'comprise multiple related cryptic species ... associated with geography'.

In order to understand the genetic bases for the various GxC biological species identified in our study, representative strains were selected for the characterization of the entire *MAT1-1* and *MAT1-2* idiomorph sequences. BLAST searches of sequences against NCBI/GenBank databases show that the GxC *MAT* idiomorphs have the same structural organization as those of other asexual and heterothallic *Fusarium* species previously described (LEPOINT 2006). Phylogenetic analysis of the *MAT1-1* and the partial *MAT1-2* idiomorphs are globally congruent for GxC strains. In all, four distinct evolutionary lineages (phylogenetic species, PS) linked to the host and geographical origins were resolved within the GxC.

Phylogenetic pertinence of *MAT* loci was assessed in the heterothallic GxC and the exact taxonomic status of the PS (globally corresponding to the BS and SG defined by the sexual compatibility tests) advanced. A combined gene analysis based on three housekeeping genes (*tef*; calmodulin, CL; histone 3, H3) was performed on thirty-four strains representing the above-revealed diversity. The combined *tef*-CL-H3 phylogenetic analysis allows recognition of four phylogenetic species within the GxC and are consistent with the four BS/SGs identified in carrot agar crosses and with the four PS identified by the *MAT1-1* and *MAT1-2* idiomorph analysis. The GxC PS1 encompasses *C. arabica*-associated strains from Ethiopia, PS2 is represented by *C. canephora*-associated strains from the Congo Basin region, PS3 contains a *C. excelsa* strain from CAR isolated in the 1950s by Saccas and a *Coffea* sp. strain of unspecified origin dating from 1964. The exact relation of PS4 — encompassing four *Coffea* spp./*C. canephora*-associated strains isolated in the 1950s-1960s in CAR, Ivory Coast and Guinea — with the GxC complex seems to be controversial. It appears either nested within the Gx clade in the combined housekeeping and *MAT1-2* analysis or as out-group in the *MAT1-1* topology (LEPOINT 2006).

5.3. SPECIATION WITHIN THE COFFEE WILT PATHOGEN

The overall congruence of results obtained using biological and phylogenetic species recognition tools, applied to a Pan-African collection of coffee wilt isolates from different *Coffea* spp., prompts us to conclude on the existence of four distinct species within the GxC (tab. 1).

Table 1
Novel speciation proposed within the *Gibberella xylarioides* complex

Characteristics	Proposed speciation			
	<i>G. abyssiniae</i> sp. nov.	<i>G. congoensis</i> sp. nov.	<i>G. xylarioides</i> <i>stricto sensu</i> neotypification	<i>F. guineensis</i> sp. nov.
Origin	Ethiopia	DRC, Uganda, Tanzania	CAR	Guinea, Ivory Coast, CAR ?
Host	<i>C. arabica</i>	<i>C. canephora</i>	<i>C. exselsa</i> , <i>C.</i> <i>liberica</i>	<i>C. canephora</i>
Period	1970s →	1960s →	1920s-1960s	1950s-1960s
Biological species	BS 1	BS 2	BS 3	SG 4
Orange pigment production on PDA	–	+	+	+
Phylogenetic species based on:				
– mating type genes	PS1	PS2	PS3	PS4
Clades for:				
<i>MATI-1</i>	1	2	3	4
<i>MATI-2</i>	1	2-3	2-3	4
– housekeeping genes	PS1	PS2	PS3	PS4
Clades for:				
<i>tef</i>	1-2	1-2	3	4
CL	1	2-3-4	2-3-4	2-3-4
H3	1-3	2	1-3	4

The historical description of the anamorph *F. xylarioides* (STEYAERT 1948) and the teleomorph *G. xylarioides* (HEIM & SACCAS 1950) were based on strains belonging to BS3-PS3. These strains should thus be considered as *G. xylarioides stricto sensu* and used as reference strains for neotypification of the species. Together with strains belonging to SG4 they are presumed to have caused the 1920s to 1960s outbreak in Central and West Africa. Given the absence of teleomorph and the isolation mostly from West Africa, the name *F. guineensis* sp. nov. has been proposed for strains belonging to SG4. *G. abyssiniae* sp. nov. has been proposed for the *C. arabica*-associated strains belonging to BS1 causing CWD in Ethiopia since the 1970s. The name *G. congoensis* sp. nov. is proposed for the *C. canephora*-associated strains belonging to BS2. The latter have been isolated since 1960 in the Congo Basin prior to presumably spreading to Uganda and Tanzania.

6. Contribution of Speciation to the Understanding and Control of Coffee Wilt

The present research on the genetics of the coffee wilt pathogen demonstrates for the first time that the CW epidemics observed since the 1920s in various regions and on various *Coffea* spp. in Africa are due to at least four distinct, although closely related, *Gibberella* species belonging to the African clade of the *G. fujikuroi* species complex, rather than to only *G. xylarioides* as considered up to now. The centres of origin for these species are respectively Ethiopia, the Congo Basin, CAR and West Africa, which is concordant with the centres of origin of their hosts (see fig. 1). This, together with the occurrence of coffee wilt on wild *Coffea* spp. noticed by several authors in the 1950s and 1970s in CAR, West Africa and Ethiopia, suggests independent passage from local hosts to planted genotypes. New surveys on wild *Coffea* spp. or related genera could perhaps allow the identification of further *Gibberella* species adapted to these hosts.

In the past, coffee wilt epidemics developed each time specific *Coffea* genotypes which were grown at large scale in plantations: *C. excelsa* and *C. liberica* in CAR, local *C. canephora* and various *Coffea* spp. in West Africa, *C. canephora* in the Congo Basin and *C. arabica* in Ethiopia. The pathogen diversity as well as its capacity of evolution has to be considered in the development and distribution of resistant *C. arabica* or *C. canephora* genotypes. Resistance strategy should rely on mixtures of genotypes with different genetic bases of resistance to minimize selection and spread of *Gibberella* strains adapted to particular genotypes.

No recent development of CW is reported from the Central or West-African areas where *G. xylarioides* and *F. guineensis* were isolated before the 1960s. It is not clear if this is linked to the drastic sanitary measures taken during the 1950s-1960s, to an elimination of the susceptible genotypes through natural selection or to a replacement by *C. canephora* types resistant to the occurring pathogens. Clarification of these hypotheses would be useful for management of the disease where it presently occurs or where it could extend. The apparent disappearance of these species contrasts with the demonstration that the recent CW epidemic on *C. canephora* in DRC, Uganda and Tanzania is associated with the same *G. congoensis* genotype isolated already in 1960 by J. Meyer from wilted *C. canephora* at Yangambi (DRC). Strict sanitary measures had allowed during the 1960s a near-disappearance of CW. The lack of genetic diversity among the numerous strains of various origins analysed for this species suggests a re-emergence probably linked to the discontinuation of sanitary measures. The unrestricted growth of the epidemic led to disease incidences exceeding 90 % and thus to the build-up of a high inoculum potential and the spread to neighbouring Uganda and Tanzania (see fig. 1). It is difficult to assess the relative importance of spontaneous conidia or ascospore dispersion and the transport of infected plant parts in the regional spread of the disease. Nevertheless,

the key importance of sanitary measures enforced at a regional scale should not be underestimated.

Despite the observed emergence of four different *Gibberella* spp. associated with CW, large areas harbouring *C. arabica* and *C. canephora* remain free of the disease in Africa. This suggests a limited natural spread capacity of the pathogens. Implementation of quarantine measures could further minimize the risk of spread and evolution of the CW pathogens across Africa as well as to other coffee-growing continents.

GLOSSARY

- Anamorph:** The asexual, conidial, or so-called imperfect state of a fungus, which produces its spores by mitosis in contrast to the teleomorph. See also *teleomorph*.
- Heterothallic:** Organisms (fungi, algae, plants) which can only undergo sexual reproduction with another individual bearing a different mating/compatibility type (self-incompatible). It is necessary to have two compatible thalli (cross-fertilization) from different individuals in order to achieve sexual reproduction. See also *homothallic*.
- Homothallic:** Organisms (fungi, algae, plants) which can undergo sexual reproduction with a similar strain including the self (self-compatible). See also *heterothallic*.
- Idiomorph:** Term used to describe the fungal mating types which are extremely dissimilar from each other and do not show homology between strains of the opposite sex (as opposed to the allelic relationship in most polymorphic systems).
- Teleomorph:** The sexual or so-called perfect state of a fungus and whose spores are produced by meiosis.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by a grant from the *Université Catholique de Louvain* (UCL, Belgium) within the framework of the INCO-COWIDI ICA4-CT-2001-2006 European Union-funded project. A. Kalonji and P. Tshilenge (University of Kinshasa, DRC) are acknowledged for providing diseased coffee tree samples, M. Rutherford (CABI, UK) and D. Bieysse (CIRAD, France) for supplying Ugandan and Tanzanian strains and C. Decock (BCCM/MUCL, Belgium) for helpful insights in the interpretation of results.

REFERENCES

- BAKALA, J. 1997. Some remarks on coffee tracheomycosis in Cameroon. — *In*: Proceedings of the first regional workshop on coffee wilt disease (Kampala, 28-30 July 1997), pp. 57-58.
- BOOTH, C. 1971. The genus *Fusarium*. — England, Commonwealth Mycological Institute, 237 pp.
- DELASSUS, M. 1954. La trachéomycose du caféier. — *Bull. Sci. Minist. Colon. Sect. Agric. Trop.*, **5**: 345-348.
- FLOOD, J. & BRAYFORD, D. 1997. Re-emergence of *Fusarium* wilt of coffee in Africa. — *In*: Proceedings of the first regional workshop on coffee wilt disease (Kampala, 28-30 July 1997), pp. 69-71.
- FRASELLE, J. V. 1950. Observations préliminaires sur une trachéomycose du *Coffea robusta*. — *Bull. Agric. Congo Belge*, **41**: 361-372.
- FRASELLE, J. V., VALLAEYS, G. & DE KNOP, O. 1953. Lutte contre la trachéomycose du caféier à Yangambi et le problème que pose actuellement cette maladie au Congo belge. — *Bull. Info. INEAC*, **6**: 373-394.
- GEISER, D. M., IVEY, M. L., HAKIZA, G., JUBA, J. H. & MILLER, S. A. 2005. *Gibberella xylarioides* (anamorph: *Fusarium xylarioides*), causative agent of coffee wilt disease in Africa, is a previously unrecognized member of the *G. fujikuroi* species complex. — *Mycologia*, **97**: 191-201.
- GIRMA, A. S. 2004. Diversity in pathogenicity and genetics of *Gibberella xylarioides* (*Fusarium xylarioides*) populations and resistance of *Coffea* spp. in Ethiopia. — Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Grades Doktor der Agrarwissenschaften. Hohen Landwirtschaftlichen Fakultät der Rheinischen Freidrich-Wilhelms-Universität zu Bonn. Göttingen, Cuviller Verlag, 81 pp.
- GIRMA, A. S., MENGISTU, H. & HINDORF, H. 2001. Incidence of tracheomycosis, *Gibberella xylarioides* (*Fusarium xylarioides*), on arabica coffee in Ethiopia. — *Z. Pflanzenkrankh. Pflanzensch.*, **108**: 136-142.
- HAKIZA, G. J., KYETERE, D. T., ERBAUGH, M., WARREN, H. & OLAL, S. 2004. Seed transmission of *Fusarium xylarioides* in *Coffea canephora* in Uganda. — *Uganda J. Agricultural Sciences*, **9**: 714-717.
- HEIM, R. & SACCAS, A. 1950. La carbunculariose du caféier. — *Rev. Mycol. Suppl. Colon.*, **15**: 89-98.
- HILLOCKS, R. J., PHIRI, N. A. & OVERFIELD, D. 1999. Coffee pest management options for smallholders in Malawi. — *Crop Protection*, **18**: 199-206.
- JAQUES-FELIX, H. 1950. Première action contre la trachéomycose du caféier en Côte d'Ivoire. — *Agron. Trop. Nogent*, 12 pp.
- KILAMBO, D. L., KAIZA, D. A. & SWAI, F. B. 1997. Observation of wilting disease in some coffee growing areas in Tanzania. — *In*: Proceedings of the first regional workshop on coffee wilt disease (Kampala, 28-30 July 1997), pp. 61-65.
- KRANZ, J. 1962. Coffee disease in Guinea. — *FAO Plant Prot. Bull.*, **10**: 107-109.
- KRANZ, J. & MOGK, M. 1973. *Gibberella xylarioides* (Heim & Saccas) on arabica coffee in Ethiopia. — *Phytopath. Z.*, **78**: 365-366.
- LEPOINT, P. C. E. 2006. Speciation within the African coffee wilt pathogen. — Thèse présentée en vue de l'obtention du grade en sciences agronomiques et ingénierie biologique, 208 pp.

- LEPOINT, P. C. E., MUNAUT, F. T. J. & MARAITE, H. M. M. 2005. *Gibberella xylarioides sensu lato* from *Coffea canephora*: A New Mating Population In the *G. fujikuroi* Species Complex. — *Appl. Environ. Microbiol.*, **71**: 8466-8471.
- MEIFFREN, M. 1955. La trachéomycose du caféier en Côte d'Ivoire. — *Bull. Cont. Rech. Agron. Bingerville*, **11**: 4-63.
- MEIFFREN, M. 1957. La trachéomycose. — *Bull. Cont. Rech. Agron. Bingerville*, **13**: 9-54.
- MFWIDI-NITU, P. 1994. The recrudescence of tracheomycosis (*Gibberella xylarioides*) of robusta coffee in Zaire. — *African Coffee Bull.*, **40**: 9-12.
- MOREAU, C. & MOREAU, M. 1954. Etude morphologique de *Gibberella xylarioides* (Ste.) Heim et Saccas. — *Bull. Scient. Minist. Colon. Sect. Agric. Trop.*, **5**: 349-359.
- PIETERS, R. & VAN DER GRAAFF, N. A. 1980. Resistance to *Gibberella xylarioides* in *Coffea arabica*: evaluation of screening methods and evidence for the horizontal nature of the resistance. — *Neth. J. Pl. Pathol.*, **86**: 37-43.
- POCHET, P. 1988. La trachéomycose du caféier robusta. — *Publications Agricoles*, 28 pp.
- RUTHERFORD, M. 2006. Current knowledge of coffee wilt disease, a major constraint to coffee production in Africa. — *Phytopathology*, **96**: 663-666.
- SACCAS, A. M. 1951. La Trachéomycose (Carbunculariose) des *Coffea excelsa*, *neo-arnoldiana* et *robusta* en Oubangui-Chari. — *Agron. Trop. Nogent*, **6**: 453-506.
- SACCAS, A. M. 1956. Recherches expérimentales sur la Trachéomycose des caféiers en Oubangui-Chari. — *Agron. Trop. Nogent*, **11**: 7-38.
- STEWART, R. B. 1957. Some plant diseases occurring in Kaffa province, Ethiopia. — Alemaya (Ethiopia), Imperial Ethiopian College of Agriculture and Mechanical Arts, pp. 15-16.
- STEYAERT, R. L. 1948. Contribution à l'étude des parasites des végétaux du Congo belge. — *Bull. Soc. Roy. Bot.*, **80**: 11-58.
- TSHILENGE-DJIM, P., MUNAUT, F., KALONJI, A. & MARAITE, H. 2004. Caractérisation des *Fusariums* spp. associés au dépérissement du caféier robusta en République Démocratique du Congo. — *Parasitica*, **60**: 67-82.
- TSHILENGE-DJIM, P., KALONJI-MBUYI, A., ONYEMBE, A., MUKUNA, J. M., DIBWE, D. & ORIPALE, M. 1998. Caractéristiques et évolution Spatio-temporelle de la Trachéomycose fusarienne du caféier robusta en République Démocratique du Congo (RDC). — *Rev. Cong. Sci. Nucl.*, **14**: 132-140.
- VAN DER GRAAFF, N. A. & PIETERS, R. 1977. Resistance levels in *Coffea arabica* to *Gibberella xylarioides* and distribution pattern of the disease. — *Neth. J. Pl. Pathol.*, **84**: 117-120.
- VON BLITERSDORFF, R. & KRANZ, J. 1976. Vergleichende Untersuchungen an *Fusarium xylarioides* Steyaert (*Gibberella xylarioides* Heim & Saccas), dem Erreger der Tracheomykose des Kaffes. — *Z. Pflanzenkrankh. Pflanzensch.*, **83**: 529-544.

Classe des Sciences techniques

Klasse voor Technische Wetenschappen

Regional Flood Frequency Analysis for the River Nile Basin*

by

Patrick WILLEMS¹, Nyeko P. OGIRAMO², Francis MUTUA³,
Gamal ABDO⁴, Julius KABUBI⁵, Ahmed Hassan FAHMI⁶,
Mohamed SONBOL⁶, Ahmed LOTFY⁶, Tumaini Anderson KIMARO⁷,
Simon MKHANDI⁷, Alfred OPERE³, Yosif Ahmed IBRAHIM⁸,
Michael KIZZA⁹, Leulseged TADESSE¹⁰, Mohamed Abdel MOTALEB⁶,
Samir FARID⁶, Abdelaziz ZAKI¹¹ & Radwan AL-WESHAH¹¹

KEYWORDS. — Nile Basin; High and Low River Flows; Statistical Extreme Value Analysis.

SUMMARY. — Regional differences have been investigated in the probabilities of high and low river flow extremes along the river Nile basin in eastern Africa. This has been done on the basis of statistical extreme value analysis applied to about one hundred flow gauging stations spread over the basin. The statistical analysis results have been combined with physical sub-basin characteristics such as topography and land use. The research has been conducted within the framework of the FRIEND/Nile project, which focuses on regional hydrology research cooperation between the main Nile countries (Egypt, Sudan, Ethiopia, Kenya, Tanzania, Uganda) and the Flemish universities. The high- and low-flow statistics developed can be used in water engineering and civil engineering design applica-

* Paper presented by Prof. P. Willems at the meeting of the Section of Technical Sciences held on 18 December 2008. Publication decision taken on 26 November 2009. Text received on 7 January 2010.

¹ Associate Professor, Department of Civil Engineering, Katholieke Universiteit Leuven, Kasteelpark Arenberg 40, 3001 Heverlee (Belgium); part-time lecturer, Department of Hydrology and Hydraulic Engineering, Vrije Universiteit Brussel (Belgium).

² Directorate of Water Development, Rural Water Department, Ministry of Water and Environment, P. O. Box 20026, Kampala (Uganda).

³ Department of Meteorology, University of Nairobi, P. O. Box 30197, Nairobi (Kenya).

⁴ University of Khartoum, Khartoum, 1110 (Sudan).

⁵ Kenya Meteorological Department, Institute for Meteorological Training and Research (IMTR) Nairobi, P. O. Box 56392-00200, City Square, Nairobi (Kenya).

⁶ Water Resources Research Institute, National Water Research Center, P. O. Box 13621, El-Qanater El-Khairia (Egypt).

⁷ University of Dar es-Salaam, Dar es-Salaam, 25522 (Tanzania).

⁸ UNESCO Chair in Water Resources, ElZibeer Basha Street, P. O. Box 1244, Khartoum, 1111 (Sudan).

⁹ Civil Engineering Department, Makerere University, P. O. Box 7062, Kampala (Uganda).

¹⁰ Ministry of Water Resources, Addis Ababa, 31393 (Ethiopia).

¹¹ UNESCO Cairo Office, 8 Abdel Rahman Fahmy Street, Garden City, Cairo (Egypt).

tions. Of equal importance are the supratechnical research outputs, among which enhancement of water-related transboundary research cooperation in the Nile region. During the course of the project, trust among the researchers and water managers from the different Nile countries gradually increased, data sharing enhanced, and politically sensitive issues (on transboundary water sharing) became debatable.

TREFWOORDEN. — Nijlbecken; Hoog- en laagwaterdebieten langs rivieren; Statistische extreme-waardenanalyse.

SAMENVATTING. — *Regionale hydrologische extreme-waardenanalyse voor het Nijlbecken.* — Op basis van een honderdtal debietmeetstations verspreid over het Nijlbecken in Oost-Afrika, werden regionale verschillen bestudeerd in de voorkomingskansen van hoog- en laagwaterdebieten langs rivieren. Dit gebeurde op basis van technieken van statistische extreme-waardenanalyse, gecombineerd met fysieke gebiedseigenschappen zoals topografie en landgebruik. Het onderzoek werd uitgevoerd in het kader van het FRIEND/Nile samenwerkingsproject tussen de Nijllanden (Egypte, Sudan, Ethiopië, Kenia, Tanzania, Uganda) en de Vlaamse universiteiten. De hoog- en laagwaterstatistieken kunnen gebruikt worden voor het ontwerp van civieltechnische infrastructuur en ter ondersteuning van het waterbeheer in de regio. Even belangrijk als deze onderzoeksresultaten is de onderzoekssamenwerking die tijdens het project werd gerealiseerd tussen de Nijllanden onderling. Gedurende het project nam gaandeweg het vertrouwen tussen de onderzoekers van de betrokken Nijllanden toe, werden meer en meer gegevens uitgewisseld, en werden politiek delicate thema's m.b.t. grensoverschrijdende debieten bespreekbaar.

MOTS-CLES. — Bassin du Nil; Inondations et débits de base le long des rivières; Analyse statistique des valeurs extrêmes.

RESUME. — *Analyse statistique régionale des valeurs extrêmes hydrologiques dans le bassin du Nil.* — Partant d'une centaine de stations débitométriques, distribuées dans le bassin du Nil en Afrique de l'Est, les valeurs régionales des probabilités d'inondation et des débits de base ont été étudiées. Ceci a été réalisé sur base des techniques de l'analyse statistique des valeurs extrêmes, combinées avec des caractéristiques physiques telles que la topographie et l'occupation du sol. Les recherches ont été effectuées dans le cadre du projet de coopération FRIEND/Nile entre les pays du Nil (Egypte, Soudan, Ethiopie, Kenya, Tanzanie, Ouganda) et les universités flamandes. Les statistiques des débits extrêmes peuvent être utilisées pour les projets de génie civil et à l'appui de la gestion des eaux dans la région. Aussi importante que ces résultats de recherches est la coopération de recherche mutuelle qui s'est établie entre les pays du Nil. Au cours du projet, la confiance entre les chercheurs des pays du Nil concernés a graduellement augmenté, de plus en plus de données ont été échangées, et les thèmes politiquement délicats concernant les débits transfrontaliers ont pu être abordés.

River Nile Basin

River Nile, being the longest in the world (SUTCLIFFE & PARKS 1999), is situated between 8°S to 33°N and 20°E to 42°E covering an area of about 3,762,000 km². From Lake Victoria in East Africa, the Nile flows generally north through Uganda and into Sudan, where it meets the Blue Nile at Khartoum,

which rises from the Ethiopian highlands. From the confluence of the White and the Blue Nile, it continues to flow northwards into Egypt and on to the Mediterranean Sea. From Lake Victoria to the Mediterranean Sea the length of the river is estimated at 5,584 km. Figure 1 illustrates the location of the River Nile in Africa as well as the countries in which the basin takes part. The river consists of three main parts: White, Blue and main Nile, each with several tributaries, forming a complex hydrologic system (fig. 1). There are ten countries forming up the River Nile basin. Each country contributes differently to the basin and has different needs for the water and other resources of the basin. The River Nile basin is characterized by eight major sub-basins: Victoria, Kyoga/Albert, Sudd, Sobat, Atbara, Blue Nile and White Nile (fig. 1). Downstream of Lake Victoria, the basin extends with the sub-basins of Kyoga and Albert Lakes, and the swampy sub-basin of the Sudd. The River Nile, which is called the White Nile at this stage, receives further inflows from the Sobat sub-basin, the large Blue Nile sub-basin and the Atbara sub-basin. Downstream, at the confluence of White and Blue Nile, the river continues down to the Mediterranean Sea as the Main Nile.

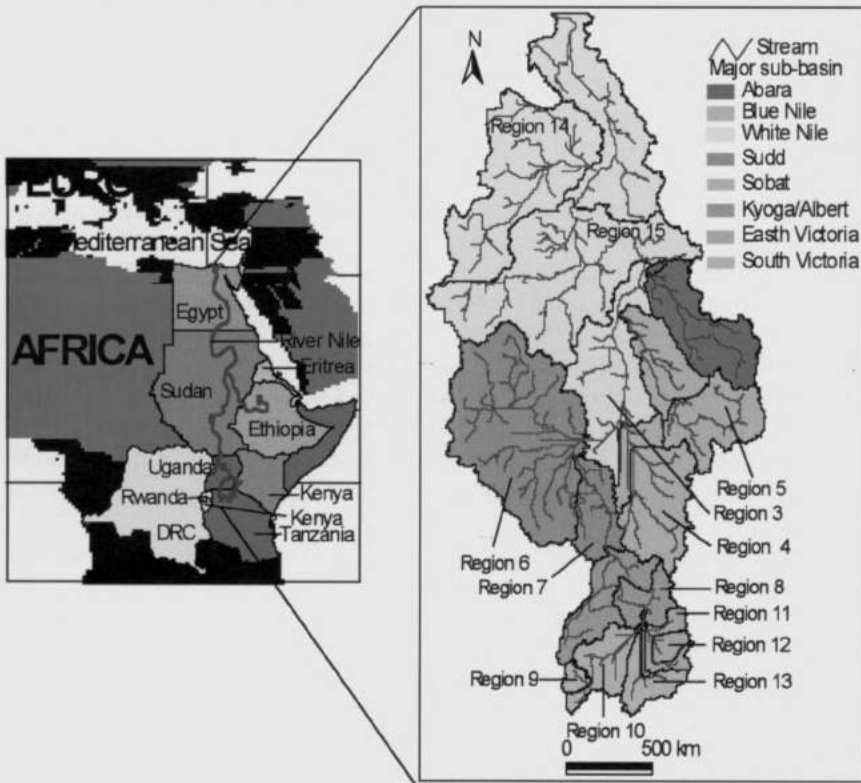


Fig. 1. — Location of the River Nile in eastern Africa, the countries in which the Nile basin takes part, the major streams and sub-basins of the River Nile basin and the identified homogeneous regions for regional flood frequency analysis.

The climate of the basin is basically tropical in the upstream parts and arid and semi-arid in the downstream parts. The topographical elevation varies from less than 20 to 2,150 m a.s.l. The mean areal rainfall (MAR) varies from 1,200 mm in the upstream parts to basically less than 10 mm in the downstream parts. The regions indicated in figure 1 are the hydrologically homogeneous regions delineated in the project (see details under delineation of homogeneous regions).

Statistical Analysis of High- and Low-flow Extremes

The research results presented here were obtained from the outputs of the FRIEND/Nile project framework of UNESCO, financially supported by the Government of Flanders. The project focuses on the study of the regional hydrology, its variability and similarity, as well as the exchange of data, knowledge and techniques. UNESCO has ten FRIEND projects worldwide, where "FRIEND" is the abbreviation for "Flow Regimes from International Experimental and Network Data". FRIEND/Nile is one of them. The project started in 1995, but launched again with Flemish support in 2000 (in the first phase till 2005; in the second phase till 2010).

The author of this text was the coordinator "from the North" of the FRIEND/Nile research component on statistical extreme value analysis of high- and low-river flows at the regional scale of the entire basin. Statistical extreme value analysis deals with the analysis of the probability of occurrence of different levels of extremes (in this case high and low flows). Knowledge on these probabilities is currently lacking, but of high importance to support flood and drought risk estimation and water management and engineering decisions and actions, such as the design of water engineering structures and bridges. Final aim of the research component was the development of regional flood and low flow frequency curves. Such curves describe the relationship between the magnitude of river peak or low flows and the mean recurrence interval or return period (mean time between two exceedances). They can be derived from data at flow monitoring stations and regionalized for use at any location along the basin's river network, by relating the spatial differences to geographical regions and to variations in upstream sub-basin characteristics inside each region.

This text presents the results obtained from the flood frequency analysis. The analysis was based on a total number of more than a hundred discharge gauging stations in five countries (Egypt, Sudan, Tanzania, Kenya and Ethiopia) distributed over the Nile basin. For a hundred and twenty-seven stations, daily data series were used to obtain annual maximum flow values, for periods varying from thirty to one hundred years of data records. Most stations have data since the 1960s. These data were first screened for irregularity (discordancy), using the method suggested by HOSKING & WALLIS (1993), which indicates whether or not a site is discordant from the rest of a given group. After this review and screening, data at eighty-five gauging stations, shown in figure 1, were available for further study.

Flood frequency analysis can be carried out in two ways: at-site flood frequency analysis, which is done for data collected at a particular gauging station of interest, and regional flood frequency analysis, which is done for data collected at various sites from a region of interest (STEDINGER *et al.* 1993). Regionalization, in the context of flood frequency analysis, refers to the identification of homogeneous regions and the selection of appropriate frequency distributions per region. One of the strong advantages of regionalization over at-site flood frequency analysis is that the quantiles estimated with the pooled regional data have a smaller standard deviation than those estimated from at-site data only (HOSKING & WALLIS 1997). Moreover, it overcomes problems of data limitation in cases where available flow series have limited record length. If a sufficiently long record of peak flows, for a given gauging station, is available, then the frequency distribution for that station can be established with reliable estimate provided that change over a long time, caused by either anthropogenic or natural processes or a combination of both, does not alter the distribution of peak flows. In the Nile basin, however, available data, for most stations, are of insufficient length of record to accurately define the annual exceedance probability of large peak flows. Moreover, the number of stations is limited (taking into account the huge Nile basin area and the strong regional differences in hydrological characteristics). Regional analysis helps in this case to increase the flow data size combining flow data from different gauging stations in homogeneous regions, and in interpolating the high flow frequency statistics between flow gauging stations.

Regional flood frequency analysis involves the following steps:

- Delineation of homogenous regions, in which the high flow statistics behave in a similar way (*e.g.* same shape for the flood frequency distribution, which means the same increase in high flow for any increase from one to another specific return period). Most often, after scaling of the flows with a site-dependent scale factor, nearly identical (or close) flood frequency distributions are obtained. This distribution is called regional flood frequency distribution or “growth curve”, referring to the growth in high flows with increasing return period.
- Calibration of the regional flood frequency distributions, in which the distribution parameters are estimated from the regional high or low flow statistics.
- Calibration of the regional uniform relationships between the distribution scale factor and the catchment characteristics.

The results of each of these steps are discussed hereafter.

Delineation of Homogenous Regions

Cluster techniques have been applied to delineate the Nile basin into homogeneous subregions. Both agglomerative and divisive cluster methods have been tested (EVERITT *et al.* 2001). Cluster analysis relates to grouping or segmenting a collec-

tion of objects (stations and sub-basins in this case) into subsets or “clusters”, such that those within each cluster are more closely related to one another than objects assigned to different clusters. The Nile basin is partitioned into particular clusters but not in a single step. Instead, a series of partitions takes place, which may run from a single cluster containing all sub-basins to n clusters each containing a single sub-basin. The agglomerative cluster method proceeds by series of fusions of the n objects into groups, while the divisive methods separate the n objects successively into finer groupings. Central to all of the goals of cluster analysis is the notion of degree of similarity (or dissimilarity) between the individual objects being clustered. In this study, similarity among sub-basins was based on Euclidean distances between hydrologically relevant physical characteristics defined for each of the sub-basins. Two types of characteristics have been considered: flow/rainfall statistics and geographical, geometrical and topographical sub-basin characteristics. The flow statistics include the mean, the coefficient of variation (CV), the L-coefficients of variation (L-CV), skewness (L-CS) and kurtosis (L-CK); the mean annual rainfall (MAR) was used as rainfall statistic. The geometrical and topographical characteristics used were the sub-basin area, sub-basin stream reach length, slope and width, topographical slope and elevation, land use and soil type distribution. The flow statistics were derived for each of the eighty-five flow stations, the rainfall statistics for three hundred and fifty-two rainfall stations and the topographical information from a ninety-two metre square grid resolution remote sensing-based digital elevation model (SRTM data, accessed in August 2005 from the ftp-site <ftp://e0mss21u.ecs.nasa.gov/srtm/Africa/>).

While clustering the eighty-five flow stations in homogenous regions, geographical continuity was ensured. Once the clustering done and the data grouped (regions identified), the regions were categorically tested for homogeneity. Three common tests were applied: the graphical one, proposed by KACHROO *et al.* (1996), and the H1 and S1 statistics based tests by HOSKING & WALLIS (1993) and ALILA (1999). Fifteen homogenous regions were finally determined. Superimposing these onto the geographical sub-basins of the Nile basin (fig. 1) indicates that most of the homogenous regions compare well with the sub-basins of the Blue Nile, the Atbara, the Sobat, the Sudd region, and the Lake Victoria sub-basins in Kenya, Tanzania and Uganda.

Regional Flood Frequency Distributions

METHOD 1: BASED ON L-MOMENTS

For each homogenous region, a nearly uniform distribution was found at the different flow stations after scaling with the mean of the annual maxima (MAF) at each station. Two methods have been applied for selection of the most optimal distribution type and the calibration of this distribution. The first method is based on

L-moments. L-moments have simple interpretations as measures of the location, dispersion (scale) (L-CV), skewness (L-CS) and kurtosis (L-CK) of the data sample similar to the conventional moments (HOSKING 1990). Generally, L-moments are more robust to extreme values in the data and enable more secure inferences to be made from small samples about an underlying probability distribution. A distribution might be specified by its L-moments even if some of its conventional product moments do not exist, and such a specification is always unique, which is not true for product moments (HOSKING 1990). The method of L-moments has been applied by many researchers to carry out regional flood frequency analysis for greater basins in the south (PARIDA *et al.* 1998, KACHROO *et al.* 2000, SANKARASUBRAMANIAN & SRINIVASAN 1999, KJELDEN *et al.* 2001).

For estimation of the most appropriate probability distribution, HOSKING (1990) developed a graphical method (L-moment ratio diagram) based on the relationship between sample L-CS and L-CK (plotted as scatters) together with the theoretical ones (plotted as polynomials). This can be done (i) for each region individually (selecting the best distribution per region), or (ii) in a regional way (selecting the most appropriate distribution type for all regions). In approach (i), the L-moments are calculated and plotted for each station in a given region (the at-site L-moments), while in approach (ii) the regional sample L-moments are calculated by obtaining the weighted averages, based on record length, of the at-site sample L-moments of the respective regions.

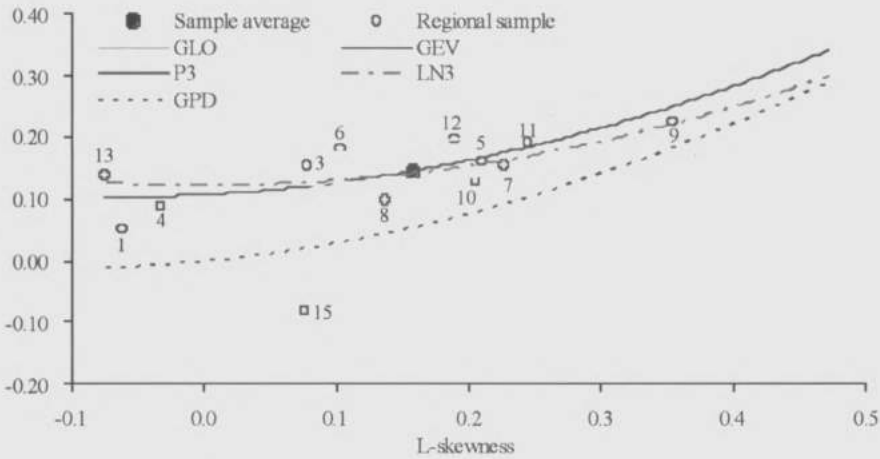


Fig. 2. — Regional L-moment ratio diagram of the annual maximum flows in the Nile basin (the numbers refer to homogenous regions in figure 1).

Figure 2 represents the regional L-moments ratio diagram together with the regional sample points, for the following five 3-parameter extreme value distributions: Generalized Extreme Value (GEV) distribution, Generalized Pareto

Distribution (GPD), Generalized logistic distribution (GLO), Lognormal 3-parameter distribution (LN3) and Pearson type 3 distribution (P3). When the theoretical curve of the L-moment ratios for a distribution (a) crosses the center of the scatter plots, *i.e.*, the number of the sample estimates evenly scattered around the theoretical curve, and (b) goes along with the tendency of the scatters, then the distribution is considered to be suitable for representing the sample data. The GEV distribution is selected as the best distribution for many regions, and in any case the best overall distribution for the entire Nile basin, as becomes clear from figure 2.

The GEV distribution has the following form for its cumulative distribution function:

$$G(q) = \exp\left(-\left(1 + \gamma \frac{q - q_L}{\beta}\right)^{-1/\gamma}\right) \text{ for } \gamma \neq 0 \quad (1)$$

$$G(q) = \exp\left(-\exp\left(-\frac{q - q_L}{\beta}\right)\right) \text{ for } \gamma = 0 \quad (2)$$

where q_L is the flow threshold above which the GEV distribution is calibrated, β the flow scaling parameter, and γ the shape parameter (also called “extreme value index”). The distribution for $\gamma = 0$ is a special case of the GEV called EV1 or Gumbel distribution. A GEV distribution with $\gamma = 0$ belongs to the class of “normal tail” distributions, while for $\gamma > 0$ the tail is “heavy” (extremes can be very high in the upper tail of the distribution) and for $\gamma < 0$ “light” (the distribution has an upper limit).

The method of L-moments obtains parameter estimates for the GEV by equating the first three sample L-moments ratios to the corresponding population quantities. It has been noted by HOSKING (1990) that L-moment estimators, compared with other estimators such as those of maximum likelihood, are reasonably efficient. The L-moment estimators have indeed a lower root-mean-square error for the GEV than the maximum likelihood estimates. Generally, L-moments are more robust to extreme values in the data and enable more secure inferences to be made from small samples about an underlying probability distribution. A distribution might be specified by its L-moments even if some of its conventional product moments do not exist, and such a specification is always unique, which is not true for product moments (HOSKING 1990). Details on the parameter estimation for the GEV based on the sample L-moments and further discussion are provided by HOSKING (1990) and STEDINGER *et al.* (1993).

METHOD 2: BASED ON DISTRIBUTION'S TAIL ANALYSIS IN Q-Q PLOTS

Since the selection of the most appropriate probability distribution based on the L-moment ratio diagram is based on visual observation and thus somehow subjective, the validity of the GEV distribution was also tested by a second method based on distribution tail analysis in so-called quantile-quantile plots (Q-Q plots) (BEIRLANT *et al.* 1996, WILLEMS 1998, WILLEMS *et al.* 2007). This

method is based on the extreme value theory of FISHER & TIPPETT (1928). This theory shows that for a set of sorted and independent observations $q_1 \geq q_2 \geq \dots$ in a sample of the variable Q (annual maximum flows in this case), with cumulative probability distribution $F(q)$, the probability distribution of the maximum observation q_i in that period, after relocating and scaling, converges to a limited number of possible distributions when the sample size tends to infinity. These distributions equal the GEV distributions.

The applicability of the extreme value theory can be tested in Q-Q plots. In such plots, empirical quantiles are shown against theoretical quantiles or linear transformations of these quantiles. The empirical quantiles match the observed extreme flows q_i , $i = 1, \dots, m$ ($q_1 \geq \dots \geq q_m$), with $p_i = (i + c_1)/(m + c_2)$ as their corresponding empirical probabilities of exceedance. In this study, the scores c_1 and c_2 ($0 \leq c \leq 1$) are given values 0 and 1 respectively, corresponding to the Weibull plotting position in a quantile plot. For each empirical quantile q_i , the theoretical quantile is defined as $F^{-1}(1-p_i)$ or a linear transformation. The function $F(q)$ is the cumulative distribution that is tested in the Q-Q plot; the Q-Q plot is named according to this distribution (exponential Q-Q plot, Pareto Q-Q plot, etc.). The exponential and Pareto Q-Q plots are the most useful Q-Q plots in the context of testing the extreme value theory or the GEV distribution, as is the Generalized Q-Q plot of BEIRLANT *et al.* (1996). In the exponential Q-Q plot, for instance, the minus ln-transformed empirical probability of exceedance ($-\ln(i/(m+1))$) is plotted on one axis while the empirical quantiles q_i (the annual maximum flows in this case) are plotted on the other axis. In the Pareto Q-Q plot, the $-\ln(i/(m+1))$ empirical probabilities of exceedance are plotted together with the ln-transformed empirical quantiles ($\ln(q_i)$). In figures 3, 4 and 5, examples of exponential Q-Q plots are shown.

When the upper tail of the distribution appears linear in the exponential Q-Q plot, convergence of the flow extremes towards the EV1 or Gumbel distribution is shown. When the upper tail converges to a linear path in the Pareto Q-Q plot, validity of the GEV with $\gamma > 0$ is shown. Thus, in analyzing the shape of the distribution's tail in the different Q-Q plots, discrimination can be made between heavy tail and normal tail behaviour, and between heavy tail and light tail behaviour.

Since the GEV distribution converges towards a linear line in the exponential Q-Q plot (for the normal tail case) or in the Pareto Q-Q plot (for the heavy tail case), calibration of the distribution's upper tail can be done by regression in the Q-Q plot (the inverse slope in the Q-Q plot equals the β parameter in case of the exponential Q-Q plot and the γ index in case of the Pareto Q-Q plot). The optimal threshold q_i above which regression is conducted is selected as the point where the mean squared error (MSE) of the regression is minimum in the range where the slope estimates are stable with small variance. More details on this technique can be found in WILLEMS (1998) and WILLEMS *et al.* (2007).

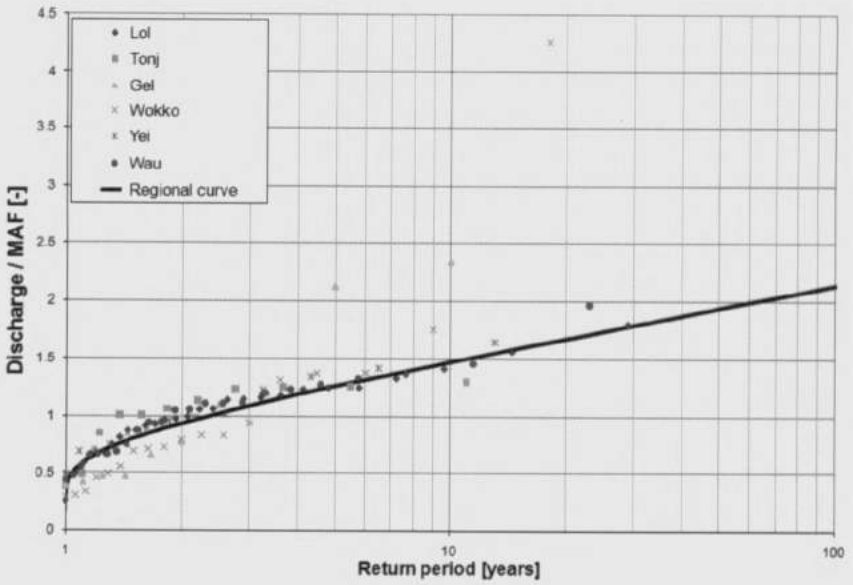


Fig. 3. — Regional EV1 growth curve based on Q-Q plot regression, together with the different at-site empirical distributions, for the Sudd region.

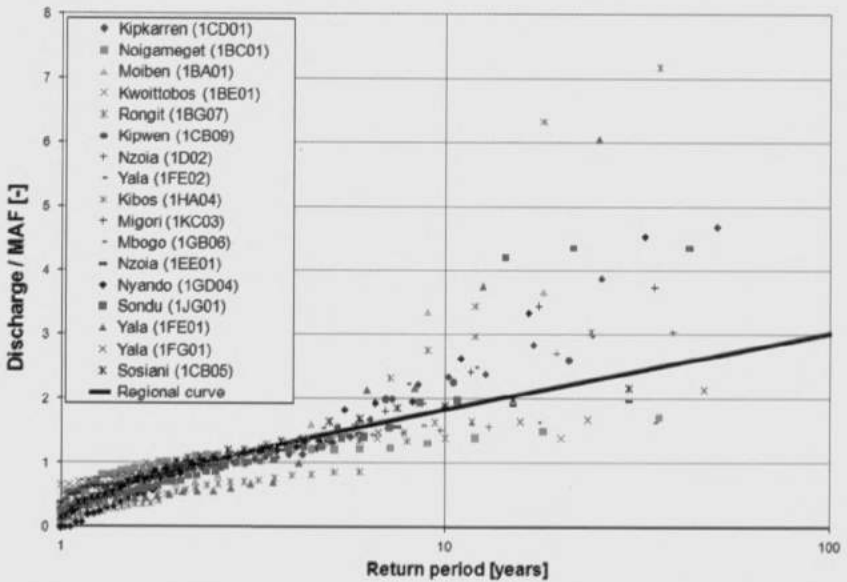


Fig. 4. — Regional EV1 growth curve based on Q-Q plot regression, together with the different at-site empirical distributions, for the eastern parts of the Lake Victoria sub-basins. Notice the “heavy tails” for some stations due to tropical storms.

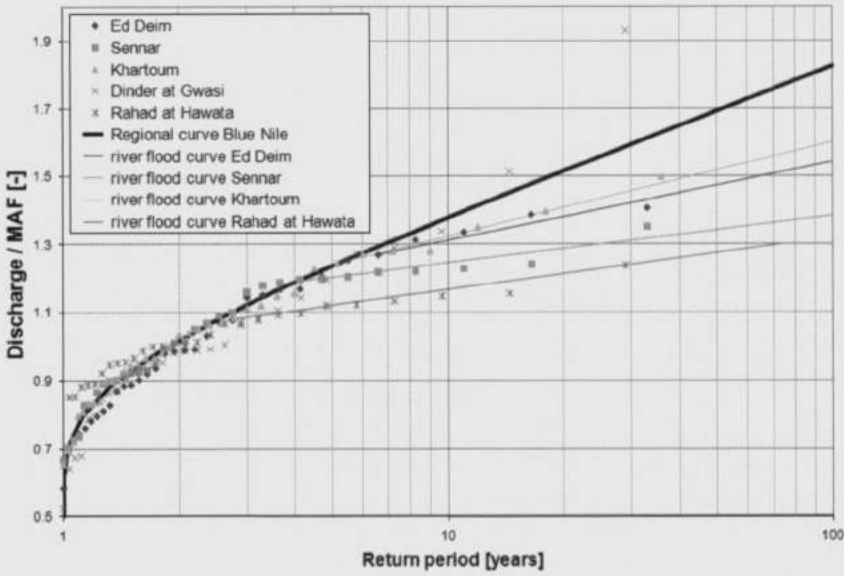


Fig. 5. — Regional EVI growth curve based on Q-Q plot regression, together with the different at-site empirical distributions, for the Blue Nile region. Notice the river flood curves, which describe the station-variable river bank overtopping influence.

INFLUENCE OF RIVER INUNDATIONS

The distribution's tail analysis based on Q-Q plots also allows to take into account the influence of river flooding on the flow extremes. Indeed, for high flow discharges, river inundations may disturb the extreme value analysis. Figure 5 shows examples of this influence for stations in the Blue Nile basin. For discharges above the flood level, the slope of the distribution in the Q-Q plot has an abrupt change. This can physically be explained by the storage of run-off water in the floodplains along the river upstream of the flow gauging station, as soon as the run-off discharge exceeds the bankfull capacity of the river channel. The stored water will not contribute to the river discharge during the peak flow moments, leading to peak flow reduction in comparison with the non-flooding conditions. It becomes clear from figure 5 that different distributions can be derived below and above the flood threshold (for the “non-flooded” and “flooded” discharge events). For river discharges higher than the flood discharge level, the linear path of the points in figure 5 indeed bends down due to flooding influences (smaller increase of the discharges with increasing return period). The discharges, below the flood threshold (the non-flooded discharges), most often are approximate closely to the rainfall-run-off discharges upstream of the flow gauging station. This lower distribution can be calibrated by the technique of “censoring” of the flooded points in the Q-Q plot (WILLEMS *et al.* 2005, GUILLOU &

WILLEMS 2006, SONBOL *et al.* 2005, for more details). In hydrological or flood analysis studies, both the extreme value distributions for the rainfall-run-off discharges and the river discharges might be of interest. In the L-moments-based method, however, this distinction is not made and a “light tail” distribution is assumed in the cases where the higher flows are influenced by river inundations.

For all the stations and taking into account the flooding influences, convergence to a linear upper tail shape has been observed for each of the Nile gauging stations, in either the exponential or Pareto Q-Q plot. This shows the applicability of the extreme value theory, and consequently the validity of the GEV distribution. A normal tail (and thus an EV1/Gumbel distribution) appears for almost all stations. Only for a few stations located in the eastern parts of the Lake Victoria sub-basin, a heavy tail appears (fig. 4; OPERE *et al.* 2006), probably due to specific meteorological conditions. Examples of at-site empirical flood frequency distributions and calibrated regional EV1 distributions are shown in figure 3 for the Sudd region, in figure 4 for the Blue Nile sub-basin and figure 5 for the eastern parts of the Lake Victoria sub-basins. For all the regions and for the non-flooded discharges, the different individual at-site curves appear close to the regional curve. River flood influences (thus light tail GEV distributions when based on L-moments) are shown for rivers along the Blue Nile, Awash and Sobat regions, but strongly depend from river to river (and probably even from location to location along each river, depending on the embankment levels and the locations of low-lying floodplain areas). Figure 6 graphically compares the different EV1/GEV regional growth curves based on the L-moments method.

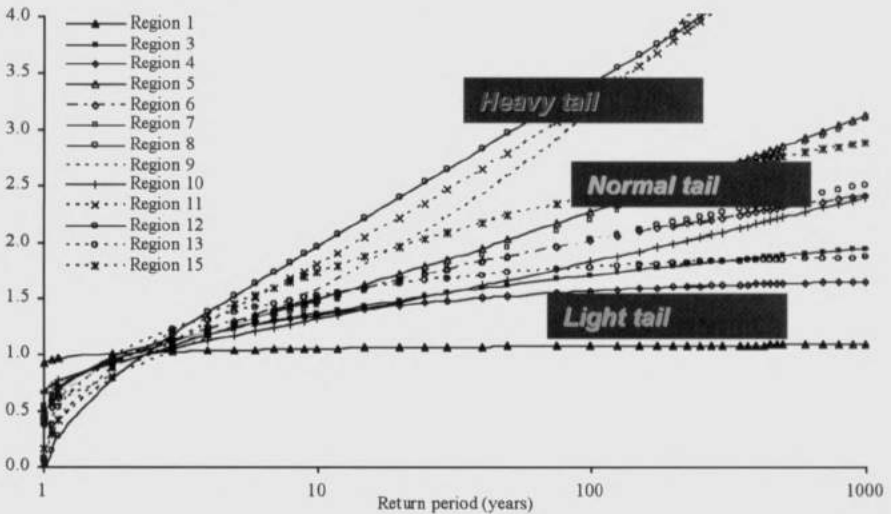


Fig. 6. — Comparison of the regional growth curves based on the L-moments method for the different homogenous Nile regions.

MAF versus Catchment Characteristics

The regional flood frequency curves can be applied to any location along the stream network of each region. In order to derive high flow quantiles or design values, the scaled value obtained from the regional flood frequency curve has to be descaled with the MAF value. The latter is variable from one location to another, depending on sub-basin characteristics. Therefore, for each region, relationships were set between the MAF and physical sub-basin characteristics for the sub-basins upstream of the different flow gauging stations. This was done for the same characteristics as considered in the process of delineation of homogenous regions, by means of multiple linear regressions. The MAF values obtained from the regression models are compared with the observed values, showing the accuracy of the MAF regional model (fig. 7). The regional growth curves and the MAF regression models finalize the regional flood frequency curves for the Nile basin.

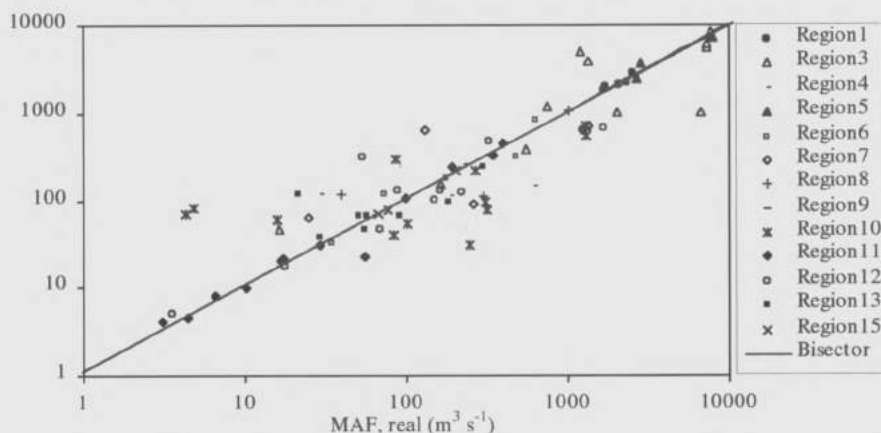


Fig. 7. — Goodness-of-fit evaluation by scatterplot comparison of the observed and modelled MAF values (based on the regional MAF model).

North-South and South-South Research Cooperation

The methodology for regional flood frequency analysis outlined in this text was selected from a combination of existing methodologies for discordancy testing and cluster analysis, and recent advances in extreme value distribution's tail analysis, including the ones of the first author. Selection of the methodology was the result of technical workshops, organized once or twice a year in one of the Nile basin countries involved. The different aspects of the methodology were discussed during successive workshops, at the same time narrowing down the wide

spectrum of possible techniques, and combining more traditional techniques that were common practice in some Nile countries with recent innovations (*e.g.* Q-Q plot-based method and the analysis of flooding influences). A step-wise approach was followed, where at the start of the project, the different techniques were presented, trained, applied to subsets of data, evaluated and discussed. This involved comparing the L-moments and Q-Q plot-based methods with the conventional approaches for calibrating probability distributions such as the methods of moments (MOM), maximum likelihood (ML) and probability weighted moments (PWM) (ABDO *et al.* 2005, SONBOL *et al.* 2005, OPERE *et al.* 2006, MKHANDI *et al.* 2005). For a selected number of stations in the Nile Equatorial basins, comparison is also made between the extreme value analysis based on annual maxima and the method based on peak-over-threshold or partial-duration-series (MKHANDI *et al.* 2005). As a nice achievement in 2005 (five years after the start of the project), a common methodology was selected and applied to the entire Nile basin, the result of which is presented here.

A step-wise approach was also followed for the issue of data sharing among the Nile countries. At the start of the project, the set-up of a common database was envisaged. Because of transboundary water treaties, which are politically extremely sensitive, between the semi-humid upstream countries and the downstream arid countries, the development of such database appeared to be extremely difficult. Therefore, it was agreed shortly after the start of the project in 2001 that each country would work with its own data, which would avoid the politically difficult problem of data exchange or the set-up of a common database. Along the way, however, trust among researchers and water managers from the different Nile basin countries gradually increased, data sharing enhanced, and some politically sensitive transboundary water sharing issues became debatable. These are additional achievements of the FRIEND/Nile project, of a suprascientific nature, but important for the region.

Conclusions

After this first phase of the FRIEND/Nile project, regional flood frequency curves are available now in the identified homogeneous Nile basin regions. Depending on the catchment characteristics considered (sub-basin area and MAR), they can be applied to the ungauged areas in each of the regions. This can be a reasonable solution for flood frequency estimation in the ungauged catchments of the Nile basin, *e.g.* on the basis of the design of hydraulic structures and bridges and for flood risk estimation. The importance of this, in support of water management and infrastructure for the Nile basin's society, is clear. The availability of flood frequency curves, as water engineering design instrument and water management decision support tool, is of direct or indirect benefit to the basin's inhabitants. It would contribute to the economic development in all the Nile basin countries.

The curves were attained using a uniform approach for the entire Nile basin, within the regional cooperative framework of the FRIEND/Nile project. This assists in making the curves acceptable to all Basin countries in order to promote basin-wide cooperation in integrated water resources planning and management.

Further improvement of the curves might, however, be possible. This would require availability of extra flow data from more gauging stations and investigation of the dependence of MAF on other catchment characteristics such as land use and soil type properties. Future improvement also includes a more detailed investigation of the accuracy of the discharge observations (rating curve analysis) and the uncertainties involved in the extreme value analysis. Also the flooding influences, identified from the statistical analysis, need to be cross-checked with physical information on the flood threshold or any other information on historical floods. The most important analysis of further need, however, would be the analysis of the stationarity in the extreme value series and the investigation of cycles and trends. Current investigations indeed assumed that the series are (statistically) stationary. This assumption was not disagreed after visual check for most of the extreme value series, but in fact requires more detailed investigation based on statistical trend tests. The latter is the topic of on-going research in the second phase of the FRIEND/Nile project; the influence of (past and future) climate change trends and climate oscillations (*e.g.* influenced by the El Niño – Southern Oscillation) on the flow series being investigated.

REFERENCES

- ABDO, G. M., SONBOL, M. A. & WILLEMS, P. 2005. Flood Frequency Analysis of the Eastern Nile Rivers. — *In: Proceedings of the International Conference of UNESCO Flanders FIT FRIEND/Nile Project "Towards a better cooperation"* (Sharm El-Sheikh, Egypt, 12-14 November, 2005) (CD-Rom).
- ALILA, Y. 1999. A hierarchical approach for the regionalization of precipitation annual maxima in Canada. — *J. Geophys. Res.*, 104 (D24) 31: 645-655.
- BEIRLANT, J., TEUGELS, J. L. & VYNCKIER, P. 1996. Practical analysis of extreme values. — Leuven, Leuven University Press.
- EVERITT, B. S., LANDAU, S. & LEESE, M. 2001. Cluster Analysis. — London, Hodder Arnold (4th ed.).
- FISHER, R. A. & TIPPET, L. H. C. 1928. Limiting forms of the frequency distribution in the largest particle size and smallest member of a sample. — *Proc. Camb. Philos. Soc.*, 24: 180-190.
- GUILLOU, A. & WILLEMS, P. 2006. Application de la théorie des valeurs extrêmes en hydrologie. — *Revue de Statistique Appliquée*, 54 (2): 5-31.
- HILL, B. M. 1975. A simple and general approach to inference about the tail of a distribution. — *Ann. Statist.*, 3: 1163-1174.
- HOSKING, J. R. M. 1990. L-moments analysis and estimation of distributions using linear combination of order statistics. — *J. Royal Statist. Soc.*, B52: 105-124.

- HOSKING, J. R. M. & WALLIS, J. R. 1993. Some statistics useful in regional frequency analysis. — *Water Resour. Res.*, **29** (2): 271-281.
- HOSKING, J. R. M. & WALLIS, J. R. 1997. Regional frequency analysis: an approach based on L-moments. — Cambridge (UK), Cambridge University Press.
- KACHROO, R. K., MKHANDI, S. H. & GUO, S. L. 1996. Uncertainty analysis of flood quantiles estimates with reference to Tanzania. — *J. Hydrol.*, **185**: 317-333.
- KACHROO, R. K., MKHANDI, S. H. & PARIDA, B. P. 2000. Flood frequency analysis of southern Africa: I. delineation of homogeneous regions. — *Hydrol. Sci. J.*, **45**: 437-447.
- KJELDSSEN, T. R., SMITHERS, J. C. & SCHULZE, R. E. 2001. Flood frequency analysis at ungauged sites in the Kwazulu-Natal Province of South Africa. — *Water Resour. Comm. SA*, **27** (3): 315-324.
- MKHANDI, S., OPERE, A. & WILLEMS, P. 2005. Comparison between annual maximum and peaks over threshold models for flood frequency prediction. — *In: Proceedings of the International Conference of UNESCO Flanders FIT FRIEND/Nile Project "Towards a better cooperation"* (Sharm El-Sheikh, Egypt, 12-14 November, 2005) (CD-Rom).
- OPERE, A. O., MKHANDI, S. & WILLEMS, P. 2006. At site flood frequency analysis for the Nile Equatorial basins. — *Physics and Chemistry of the Earth*, **31**: 919-927.
- PARIDA, B. P., KACHROO, R. K. & SHRESTHA, D. B. 1998. Regional flood frequency analysis of Mahi-Sabarmati basin (Sub-zone 3a) using index flood procedure with L-Moments. — *Water Resour. Management*, **12**: 1-12.
- SANKARASUBRAMANIAN, A. & SRINIVASAN, K. 1999. Investigation and comparison of sampling properties of L-moments and conventional moments. — *J. Hydrol.*, **218**: 13-34.
- SONBOL, M., ABDO, G., WILLEMS, P. & ABDEL MOTALEB, M. 2005. The influence of river flooding on high flow extreme value analysis in the Nile basin. — *In: Proceedings of the International Conference of UNESCO Flanders FIT FRIEND/Nile Project "Towards a better cooperation"* (Sharm El-Sheikh, Egypt, 12-14 November, 2005) (CD-Rom).
- STEDINGER, J. R., VOGEL, R. M. & FOUFOULA-GEORGIU, E. 1993. Handbook of Hydrology: Frequency analysis of extreme events. — *In: MAIDMENT, D. R. (Ed.)*, McGraw-Hill Inc.
- SUTCLIFFE, J. V. & PARKS, Y. P. 1999. The hydrology of the Nile. — Gibb Water, Reading, UKIAHS Special Publication 5,1-901502-75-9. Colombo, Sri Lanka, The International Water Management Institute.
- WILLEMS, P. 1998. Hydrological applications of extreme value analysis. — *In: WHEATER, H. & KIRBY, C. (Eds.)*, Hydrology in a changing environment. Chichester, John Wiley & Sons, vol. III, pp. 15-25.
- WILLEMS, P., GUILLOU, A. & BEIRLANT, J. 2007. Bias correction in hydrologic GPD based extreme value analysis by means of a slowly varying function. — *J. Hydrol.*, **338**: 221-236.
- WILLEMS, P., SONBOL, M., GAMAL, S., MKHANDI, A., OPERE, A., TADESSE, L., ABDEL MOTALEB, M., FARID, S., ZAKI, A. & AL-WESHAH, R. 2005. Regional flood frequency analysis in the Nile basin. — *In: Proceedings of the International Conference of UNESCO Flanders FIT FRIEND/Nile Project "Towards a better cooperation"* (Sharm El-Sheikh, Egypt, 12-14 November, 2005) (CD-Rom).

PROCES-VERBAUX — NOTULEN

Séance plénière du 10 octobre 2009

La séance plénière de rentrée de l'Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer s'est tenue au Palais des Académies à Bruxelles. Elle est présidée par M. Jean Berlamont, Président de l'Académie et Directeur de la Classe des Sciences techniques, entouré de M. Isidore Ndaywel è Nziem, membre correspondant de la Classe des Sciences morales et politiques, M. Eric Lambin, membre titulaire de la Classe des Sciences techniques, et Mme Danielle Swinne, Secrétaire perpétuelle.

M. J. Berlamont ouvre la séance (p. 439).

Il présente un exposé intitulé «Water, een universeel recht of een schaars goed?» (pp. 441-455).

M. I. Ndaywel è Nziem donne une communication intitulée «Aux origines de l'Etat congolais: la Loi Fondamentale (1960-1964): transition sans héritage et héritage sans transition» (pp. 457-475).

M. E. Lambin fait une lecture intitulée «Geographic and Historical Patterns of Reforestation» (pp. 477-502).

Ensuite, la Secrétaire perpétuelle présente le rapport sur les activités de l'Académie 2008-2009 (pp. 503-512).

La séance se clôture par la remise des diplômes aux lauréats du Concours 2009, du Prix Lucien Cahen et du Prix de Géographie tropicale Yola Verhasselt.

Plenaire zitting van 10 oktober 2009

De plenaire zitting van de Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen vond plaats in het Paleis der Academiën te Brussel. Zij werd voorgezeten door de Heer Jean Berlamont, Voorzitter van de Academie en Directeur van de Klasse voor Technische Wetenschappen, omringd door de Heer Isidore Ndaywel è Nziem, corresponderend lid van de Klasse voor Morele en Politieke Wetenschappen, de Heer Eric Lambin, werkend lid van de Klasse voor Technische Wetenschappen, en Mevr. Danielle Swinne, Vast Secretaris.

De Heer J. Berlamont leidt de zitting in (p. 439).

Hij geeft een uiteenzetting met als titel „Water, een universeel recht of een schaars goed?” (pp. 441-455).

De Heer I. Ndaywel è Nziem houdt een voordracht met als titel „ Aux origines de l'Etat congolais: la Loi Fondamentale (1960-1964): transition sans héritage et héritage sans transition” (pp. 457-475).

De Heer E. Lambin stelt een mededeling voor met als titel „ Geographic and Historical Patterns of Reforestation” (pp. 477-502).

Vervolgens geeft de Vast Secretaris lezing van het verslag over de werkzaamheden van de Academie 2008-2009 (pp. 503-512).

De zitting wordt besloten met de overhandiging van de diploma's aan de laureaten van de Wedstrijd 2009, de Lucien Cahenprijs en de Prijs voor Tropische Geografie Yola Verhasselt.

Liste de présence des membres de l'Académie

Classe des Sciences morales et politiques: R. Anciaux, H. Baetens Beardsmore, E. Bruyninx, F. de Hen, G. de Villers, J. Everaert, M.-S. Frère, E. Haerinck, J. Jacobs, I. Ndaywel è Nziem, P. Petit, C. Sturtewagen, B. Vanhoudt, J.-L. Vellut, Y. Verhasselt

Classe des Sciences naturelles et médicales: J. Alexandre, I. Beghin, J. Bouharmont, M. Deliens, J.-P. Descy, P. Gigase, P. Goyens, P. Leroy, J.-P. Malingreau, B.-P. Mansourian, J.-C. Micha, F. Muhashy Habiyaremye, H. Nicolaï, A. Ozer, J. Rammeloo, D. Swinne, J.-J. Symoens, E. Van Ranst, M. Wéry.

Classe des Sciences techniques: L. André, C. Baeteman, W. Bauwens, J. Berlamont, A. Bernard, J. Charlier, J.-J. Claustrioux, J. De Cuyper, H. Deelstra, A. Jaumotte, E. Lambin, W. Loy, L. Martens, P. Muechez, E. Pirard, J. Poesen, P. Van Damme.

Aanwezigheidslijst van de leden van de Academie

Klasse voor Morele en Politieke Wetenschappen: R. Anciaux, H. Baetens Beardsmore, E. Bruyninx, F. de Hen, G. de Villers, J. Everaert, M.-S. Frère, E. Haerinck, J. Jacobs, I. Ndaywel è Nziem, P. Petit, C. Sturtewagen, B. Vanhoudt, J.-L. Vellut, Y. Verhasselt

Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen: J. Alexandre, I. Beghin, J. Bouharmont, M. Deliens, J.-P. Descy, P. Gigase, P. Goyens, P. Leroy, J.-P. Malingreau, B.-P. Mansourian, J.-C. Micha, F. Muhashy Habiyaremye, H. Nicolai, A. Ozer, J. Rammeloo, D. Swinne, J.-J. Symoens, E. Van Ranst, M. Wéry.

Klasse voor Technische Wetenschappen: L. André, C. Baeteman, W. Bauwens, J. Berlamont, A. Bernard, J. Charlier, J.-J. Clautriaux, J. De Cuyper, H. Deelstra, A. Jaumotte, E. Lambin, W. Loy, L. Martens, P. Muchez, E. Pirard, J. Poesen, P. Van Damme.

Classe des Sciences morales et politiques

Séance du 17 novembre 2009

(Extrait du procès-verbal)

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

Sont en outre présents: Mme P. Bouvier, MM. G. de Villers, D. Demolin, J. Jacobs, J. Klener, C. Sturtewagen et J.-L. Vellut, membres titulaires; MM. M. Meeuwis, P. Raymaekers et C. Willemen, membres associés; M. H. Vinck, membre correspondant; M. H. Nicolaï, membre de la Classe des Sciences naturelles et médicales.

Ont fait part de leur regret de ne pouvoir assister à la séance: MM. H. Baetens Beardsmore, P. Collard, F. De Boeck, F. de Hen, Mmes D. de Lame, M. Engelborghs-Bertels, MM. J. Everaert, M. Graulich, E. Haerinck, D. Huyge, F. Reyntjens, R. Rezsohazy, Mme B. Vanhoudt, M. G. Vanthemsche et Mme Y. Verhasselt.

Décès de M. Benoît Verhaegen

M. Pierre Petit annonce le décès, survenu à Merelbeke le 14 octobre 2009, de M. Benoît Verhaegen, membre titulaire honoraire.

Mme Danielle Swinne retrace brièvement la carrière du Confrère disparu.

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

M. Gauthier de Villers est désigné en qualité de rédacteur de l'éloge de M. Benoît Verhaegen.

La diversité des systèmes sonores des langues naturelles

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

MM. Christian Sturtewagen, John Jacobs, Mme Paule Bouvier et M. Pierre Petit prennent part à la discussion.

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

Klasse voor Morele en Politieke Wetenschappen

Zitting van 17 november 2009

(Uittreksel van de notulen)

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

Zijn bovendien aanwezig: Mevr. P. Bouvier, de HH. G. de Villers, D. Demolin, J. Jacobs, J. Klener, C. Sturtewagen en J.-L. Vellut, werkende leden; de HH. M. Meeuwis, P. Raymaekers en C. Willemen, geassocieerde leden; de Heer H. Vinck, corresponderend lid; de Heer H. Nicolaï, lid van de Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen.

Betuigden hun spijt niet aan de zitting te kunnen deelnemen: de HH. H. Baetens Beardsmore, P. Collard, F. De Boeck, F. de Hen, Mevr. D. de Lame, M. Engelborghs-Bertels, de HH. J. Everaert, M. Graulich, E. Haerinck, D. Huyge, F. Reyntjens, R. Rezsohazy, Mevr. B. Vanhoudt, de Heer G. Vanthemsche en Mevr. Y. Verhasselt.

Overlijden van de Heer Benoît Verhaegen

De Heer Pierre Petit deelt het overlijden mee, op 14 oktober 2009 te Merelbeke, van de Heer Benoît Verhaegen, erewerkend lid.

Mevr. Danielle Swinne geeft een kort overzicht van de carrière van de overleden Confrater.

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

De Heer Gauthier de Villers wordt als opsteller van de lofrede van de Heer Benoît Verhaegen aangewezen.

„La diversité des systèmes sonores des langues naturelles”

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

De HH. Christian Sturtewagen, John Jacobs, Mevr. Paule Bouvier en de Heer Pierre Petit nemen aan de bespreking deel.

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

**«De literaire wedstrijd (1928-1940) van het tijdschrift *Africa*.
De deelname van de Móngo (DRC)»**

M. Honoré Vinck présente une communication intitulée comme ci-dessus.
MM. John Jacobs, Julien Klener, Mme Paule Bouvier, MM. Jean-Luc Vellut,
Christian Sturtewagen et Michael Meeuwis prennent part à la discussion.
La Classe décide de publier ce texte dans le *Bulletin des Séances*.

«De rol van de aardrijkskunde in de koloniale wetenschappen»

M. Jan Vandersmissen a présenté cette communication lors de la séance du
19 mai 2009.

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

Commission administrative

Le mandat de M. René Devisch au sein de la Commission administrative
échoit le 31 décembre 2009 et n'est pas renouvelable.

La Commission propose à la Classe des Sciences morales et politiques de
confier un mandat à M. Filip Reyntjens. La Classe approuve cette proposition.

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

**De literaire wedstrijd (1928-1940) van het tijdschrift *Africa*.
De deelname van de Móngo (DRC)**

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

De HH. John Jacobs, Julien Klener, Mevr. Paule Bouvier, de HH. Jean-Luc Vellut, Christian Sturtewagen en Michael Meeuwis nemen aan de bespreking deel.

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

De rol van de aardrijkskunde in de koloniale wetenschappen

De Heer Jan Vandersmissen heeft deze mededeling tijdens de zitting van 19 mei 2009 voorgesteld.

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

Bestuurscommissie

Het mandaat van de Heer René Devisch in de schoot van de Bestuurscommissie vervalt op 31 december 2009 en is niet meer hernieuwbaar.

De Commissie stelt de Klasse voor Morele en Politieke Wetenschappen voor dit mandaat aan de Heer Filip Reyntjens toe te vertrouwen. De Klasse is het hiermee eens.

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

Classe des Sciences naturelles et médicales

Séance du 24 novembre 2009

(Extrait du procès-verbal)

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

Sont en outre présents: MM. I. Beghin, J. Bouharmont, S. Geerts, P. Gigase, P. Goyens, P. Hennart, H. Maraite, J.-C. Micha, H. Nicolaï, A. Ozer, E. Robbrecht, G. Stoops et D. Thys van den Audenaerde, membres titulaires; MM. S. Dessein, D. Le Ray, F. Muhashy Habiyaremye et Mme M. Wilmet, membres associés.

Ont fait part de leur regret de ne pouvoir assister à la séance: MM. J. Alexandre, J. Belot, J. Boly, E. Coppejans, V. De Brouwere, M. De Dapper, L. D'Haese, P. Donnen, J.-M. Jadin, F. Malaisse, J.-P. Malingreau, P. Piot, Mme F. Portaels, MM. J.-J. Symoens, L. Tack, E. Tollens, P. Van der Veken, E. Van Ranst, Mmes Y. Verhasselt et M. Vincx.

Conservation et valorisation de la biodiversité: flore médicinale de Madagascar

M. Mondher El Jaziri présente une communication intitulée comme ci-dessus.
MM. François Muhashy Habiyaremye, Philippe Hennart, Elmar Robbrecht, Henri Maraite et Ivan Beghin prennent part à la discussion.

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

«Biogéographie van Madagaskar: Oorsprong en radiatie van de *Rubiaceae*»

M. Steven Dessein présente une communication intitulée comme ci-dessus.
MM. Dirk Thys van den Audenaerde, Mondher El Jaziri et Henri Maraite prennent part à la discussion.

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

Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen

Zitting van 24 november 2009

(Uittreksel van de notulen)

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

Zijn bovendien aanwezig: de HH. I. Beghin, J. Bouharmont, S. Geerts, P. Gigase, P. Goyens, P. Hennart, H. Maraite, J.-C. Micha, H. Nicolai, A. Ozer, E. Robbrecht, G. Stoops en D. Thys van den Audenaerde, werkende leden; de HH. S. Dessein, D. Le Ray, F. Muhashy Habiyaremye en Mevr. M. Wilmet, geassocieerde leden.

Betuigden hun spijt niet aan de zitting te kunnen deelnemen: de HH. J. Alexandre, J. Belot, J. Boly, E. Coppejans, V. De Brouwere, M. De Dapper, L. D'Haese, P. Donnen, J.-M. Jadin, F. Malaisse, J.-P. Malingreau, P. Piot, Mevr. F. Portaels, de HH. J.-J. Symoens, L. Tack, E. Tollens, P. Van der Veken, E. Van Ranst, Mevr. Y. Verhasselt en M. Vincx.

„Conservation et valorisation de la biodiversité: flore médicinale de Madagascar”

De Heer Mondher El Jaziri stelt een mededeling voor getiteld als hierboven.

De HH. François Muhashy Habiyaremye, Philippe Hennart, Elmar Robbrecht, Henri Maraite en Ivan Beghin nemen aan de bespreking deel.

De Klasse wil de publicatie van een tekst overwegen en wijst twee verslaggers aan.

Biogeografie van Madagaskar: oorsprong en radiatie van de *Rubiaceae*

De Heer Steven Dessein stelt een mededeling voor getiteld als hierboven.

De HH. Dirk Thys van den Audenaerde, Mondher El Jaziri en Henri Maraite nemen aan de bespreking deel.

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

**Spéciation au sein d'une population fongique:
cas de la trachéomycose du caféier en Afrique**

Mme Pascale Lepoint a présenté cette communication lors de la séance du 27 janvier 2009.

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

La séance est levée à 16 h 15.
Elle est suivie d'un Comité secret.

**„Spéciation au sein d'une population fongique:
cas de la trachéomycose du caféier en Afrique”**

Mevr. Pascale Lepoint heeft deze mededeling voorgesteld tijdens de zitting van 27 januari 2009.

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

De zitting wordt om 16 u. 15 geheven.
Zij wordt door een Besloten Vergadering gevolgd.

Classe des Sciences techniques

Séance du 26 novembre 2009

(Extrait du procès-verbal)

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

Sont en outre présents: MM. J. Charlier, J. De Cuyper, H. Deelstra, L. Dejonghe, C. De Meyer, R. Leenaerts, A. Lejeune, W. Loy, A. Monjoie, T. Notteboom et W. Van Impe, membres titulaires; M. R. Winand, membre associé; Mme Y. Verhasselt, membre de la Classe des Sciences morales et politiques.

Invités: famille A. Buldgen, MM. J. Bindelle, B. A. Razac et A. Théwis.

Ont fait part de leur regret de ne pouvoir assister à la séance: Mme C. Baeteman, MM. W. Bauwens, T. Camelbeeck, J.-M. Charlet, J.-J. Clautriaux, P. De Meester, P. Goossens, J. Hus, J. Marchal, P. Muechez, R. Paepe, J. J. Peters, E. Pirard, J. Poesen, P. Sorgeloos, J.-J. Symoens, F. Thirion, P. Van Damme et T. Van Frachen.

Eloge de M. André Buldgen

M. Robert Leenaerts prononce l'éloge de M. André Buldgen.

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

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

Décès de M. Raoul Sokal

M. Jean Berlamont annonce le décès, survenu à Woluwé-Saint-Lambert le 18 novembre 2009, de M. Raoul Sokal, membre titulaire honoraire.

Il retrace brièvement la carrière du Confrère disparu.

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

M. André Lejeune est désigné en qualité de rédacteur de l'éloge de M. Raoul Sokal.

Klasse voor Technische Wetenschappen

Zitting van 26 november 2009

(Uittreksel van de notulen)

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

Zijn bovendien aanwezig: de HH. J. Charlier, J. De Cuyper, H. Deelstra, L. Dejonghe, C. De Meyer, R. Leenaerts, A. Lejeune, W. Loy, A. Monjoie, T. Notteboom en W. Van Impe, werkende leden; de Heer R. Winand, geassocieerd lid; Mevr. Y. Verhasselt, lid van de Klasse voor Morele en Politieke Wetenschappen.

Uitgenodigd: familie A. Buldgen, de HH. J. Bindelle, B. A. Razac en A. Théwis.

Betuijden hun spijt niet aan de zittingen te kunnen deelnemen: Mevr. C. Baeteman, de HH. W. Bauwens, T. Camelbeeck, J.-M. Charlet, J.-J. Claustriaux, P. De Meester, P. Goossens, J. Hus, J. Marchal, P. Muchez, R. Paepe, J. J. Peters, E. Pirard, J. Poesen, P. Sorgeloos, J.-J. Symoens, F. Thirion, P. Van Damme en T. Van Frachen.

Lofrede van de Heer André Buldgen

De Heer Robert Leenaerts spreekt de lofreden van de Heer André Buldgen uit. De Klasse neemt een minuut stilte waar ter nagedachtenis van de overleden Confrater.

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

Overlijden van de Heer Raoul Sokal

De Heer Jean Berlamont kondigt het overlijden aan, op 18 november 2009 in Sint-Lambrechts-Woluwe, van de Heer Raoul Sokal, erewerkend lid.

Hij geeft een bondig overzicht van de overleden Confrater.

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

De Heer André Lejeune wordt als opsteller van de lofrede van de Heer Raoul Sokal aangewezen.

**Canal mer Rouge – mer Morte.
Etat des études**

M. André Lejeune présente une communication intitulée comme ci-dessus.

MM. Jacques Charlier, Robert Leenaerts, Walter Loy, Jean Berlamont et Christian De Meyer prennent part à la discussion.

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

**«Container Terminal Development in South Africa:
Is there Room for a Hub Serving the Sub-Saharan African region?»**

M. Theo Notteboom présente une communication intitulée comme ci-dessus.

MM. Jacques Charlier et Jean Berlamont prennent part à la discussion.

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

«Regional Flood Frequency Analysis for the River Nile Basin»

M. Patrick Willems a présenté cette communication lors de la séance du 18 décembre 2008.

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

Commission administrative

Les mandats de MM. Jean-Jacques Droesbeke et William Van Impe au sein de la Commission administrative échoient le 31 décembre 2009 et ne sont pas renouvelables.

La Commission propose à la Classe des Sciences techniques de confier un mandat à MM. Jacques Charlier et Christian De Meyer. La Classe approuve ces propositions.

La séance est levée à 16 h 35.
Elle est suivie d'un Comité secret.

**„Canal mer Rouge – mer Morte.
Etat des études”**

De Heer André Lejeune stelt een mededeling voor getiteld als hierboven.

De HH. Jacques Charlier, Robert Leenaerts, Walter Loy, Jean Berlamont en Christian De Meyer nemen aan de bespreking deel.

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

**„Container Terminal Development in South Africa:
is there Room for a Hub serving the Sub-Saharan African Region?”**

De Heer Theo Notteboom stelt een mededeling voor getiteld als hierboven.

De HH. Jacques Charlier en Jean Berlamont nemen aan de bespreking deel.

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

„Regional Flood Frequency Analysis for the River Nile Basin”

De Heer Patrick Willems heeft deze mededeling voorgesteld tijdens de zitting van 18 december 2008.

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

Bestuurscommissie

De mandaten van de HH. Jean-Jacques Driesbeke en William Van Impe in de schoot van de Bestuurscommissie vervallen op 31 december 2009 en zijn niet hernieuwbaar.

De Bestuurscommissie stelt de Klasse voor Technische Wetenschappen voor een mandaat toe te vertrouwen aan de HH. Jacques Charlier en Christian De Meyer. De Klasse stemt hiermee in.

De zitting wordt om 16 u. 35 geheven.
Zij wordt door een Besloten Vergadering gevolgd.

TABLE DES MATIERES — INHOUDSTAFEL

Communications scientifiques
Wetenschappelijke mededelingen

<i>Séance plénière / Plenaire zitting 10.10.2009</i>	
J. BERLAMONT. — Introduction / Inleiding	439
J. BERLAMONT. — Water, een universeel recht of een schaars goed?	441
I. NDAYWEL E NZIEM. — Aux origines de l'Etat congolais: la Loi Fondamentale (1960-1964): transition sans héritage et héritage sans transition	457
P. MEYFROIDT & E. LAMBIN. — Geographic and Historical Patterns of Reforestation	477
D. SWINNE. — Rapport sur les activités de l'Académie (2008-2009) / Verslag over de werkzaamheden van de Academie (2008-2009)	503
<i>Classe des Sciences morales et politiques / Klasse voor Morele en Politieke Wetenschappen:</i>	
G. VANTHEMSCHE. — Belgian Congo during the First World War, as seen through the Reports of Jules Renkin, Minister of Colonies, to King Albert I (1914-1918)	515
<i>Classe des Sciences naturelles et médicales / Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen:</i>	
P. LEPOINT & H. MARAITE. — Speciation within the Coffee Wilt Pathogen in Africa	535
<i>Classe des Sciences techniques / Klasse voor Technische Wetenschappen:</i>	
P. WILLEMS <i>et al.</i> — Regional Flood Frequency Analysis for the River Nile Basin	555
Procès-verbaux — Notulen	
Séance plénière du 10 octobre 2009 / Plenaire zitting van 10 oktober 2009	572 ; 573
<i>Classe des Sciences morales et politiques / Klasse voor Morele en Politieke Wetenschappen:</i>	
Séance du 17 novembre 2009 / Zitting van 17 november 2009	576 ; 577
<i>Classe des Sciences naturelles et médicales / Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen:</i>	
Séance du 24 novembre 2009 / Zitting van 24 november 2009	580 ; 581
<i>Classe des Sciences techniques / Klasse voor Technische Wetenschappen:</i>	
Séance du 26 novembre 2009 / Zitting van 26 november 2009	584 ; 585

