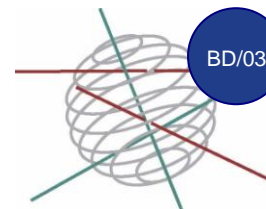


CLANIMAE - Resultaten



Antropogene en Klimatologische Impacts op de Afrikaanse Ecosystemen

DUUR VAN HET PROJECT
01/01/2007 - 31/07/2011

BUDGET
752.698 €

SLEUTELWOORDEN

East-Afrika, biodiversiteit, klimaatverandering, duurzame ontwikkeling van waterbronnen, plantendynamiek, bodemerrosie, waterkunde, waterkwaliteit, paleologie, natuurlijke hulpbronnen, ecosysteemdiensten

CONTEXT

De omvang en geografisch bereik van antropogene impact op de biosfeer is de laatste 100 jaar sterk toegenomen, in het bijzonder in equatoriaal Oost-Afrika waar de bevolkingsaangroei en intensifiëring van landgebruik zowat de hoogste zijn ter wereld, en de regionaal ontwikkelende economieën rekenen op voldoende watervoorraden alsook diverse producten en diensten van natuurlijke ecosystemen. Economische ontwikkeling met instandhouding van de biodiversiteit en natuurlijke werking van terrestrische en aquatische ecosystemen vereist plaats-specifieke kennis van de geschiedenis en omvang van (pre-)historische en moderne menselijke verstoring van die ecosystemen, om op basis daarvan 1) de weerstand tegen verstoring en het recuperatievermogen (veerkracht) van die ecosystemen te kunnen bepalen, 2) hun respons op toekomstige klimaat-, demografische- en economische veranderingen te modelleren, en 3) lokaal/regionaal optimale strategieën voor land- en watergebruik te ontwikkelen.

DOELSTELLINGEN

Het CLANIMAE project heeft getracht richtlijnen te formuleren voor een duurzaam land- en waterbeleid in tropisch Oost-Afrika door vergelijkende studie van onverstoorde en verstoorde ecosystemen in het huidige landschap, en door reconstructie van (pre-)historische, lange-termijn veranderingen in klimaatgebonden en antropogene invloeden waaraan die ecosystemen momenteel onderhevig zijn. CLANIMAE ontwikkelde deze **"het verleden is de sleutel tot het heden (en de toekomst)"** benadering door combinatie van de gegevens over veranderingen in vegetatie en in waterkwaliteit bewaard in gedateerde meersedimenten met informatie over klimaatveranderingen op een tijdschaal van decennia en eeuwen langsheen de klimatologische gradiënt tussen het relatief vochtige westelijk Uganda en semi-arië oostelijk Kenia. Met deze methodologie beoogde CLANIMAE om

- 1) onderscheid te kunnen maken tussen invloeden van natuurlijke klimaatverandering en antropogene activiteit op ecosystemen in Oost-Afrika; de precieze timing en relatieve omvang te bepalen van pre-20^{ste} eeuwse landschapsverstoring door de inheemse bevolking, vergeleken met die tijdens de koloniale periode en de laatste 50 jaar;
- 2) de mate te bepalen waarin het verlies aan waterkwaliteit veroorzaakt door overmatige aanvoer van slib en nutriënten direct kan worden gelinkt aan ontbossing en landbouw, dan wel het gevolg zijn van de natuurlijke lange-termijn ecosysteem-dynamiek;

- 3) de veerkracht van de Afrikaanse terrestrische en aquatische ecosystemen in te schatten, hetgeen zal bepalen hoe snel hun natuurlijke werking en functies kan worden hersteld wanneer menselijke druk vermindert of wegvalt.

BELANGRIJKSTE ONDERZOEKSRISULTATEN EN CONCLUSIES

Activiteiten van het CLANIMAE project werden georganiseerd in 5 werkpakketten, met respectievelijke focus op 1) calibratie en validatie van paleoecologische indicatoren; 2) reconstructie van klimaatvariatie; 3) reconstructie van (pre-)historische veranderingen in terrestrische ecosystemen; 4) reconstructie van (pre-)historische veranderingen in waterkwaliteit; en 5) integratie van de gegevens en bepaling van de timing en oorzaak van de landschapsevolutie. Een deel van de activiteiten werden uitgevoerd aan de hand van een vergelijkende studie van kratermeer-ecosystemen in westelijk Oeganda. We voltooiden 7 veldcampagnes waarbij een totaal van 66 meren werden bestudeerd. In alle meren werden data verzameld over bekkens morfometrie, landgebruik, transparantie, frekwentie van menging, waterchemie, nutriënten en aquatische biota (algen, zoöplankton, zoöbenthos) en aquatische productiviteit; alsook een intact monster van recent afgezette meersedimenten voor calibratie van diverse paleoecologische proxies in relatie tot de huidige ecologische gradiënten en de graad van antropogene impact op het meer en omgevend landschap. Analyse van de waterkwaliteit en de milieugegevens toonde een significant negatief exponentieel verband aan tussen transparantie (gemeten als Secchi-diepte, SD) en het totale fosforgehalte van het water, en tussen transparantie en de biomassa van algen (gemeten als concentratie van het pigment chlorophyll a, Chl a). Deze verwantschap laat ruwe schatting toe van de productiviteit van Oegandese kratermeren door eenvoudige metingen van Secchi-diepte. Er was geen significant verband tussen transparantie en de concentratie opgeloste anorganische stikstof.

Onze fysische gegevens tonen aan dat de waterkolom van de meeste Oegandese kratermeren minstens occasioneel volledig mengt (circuleert), maar dat doorgaans enkel meren minder dan 30 m diep minstens één maal per jaar volledig mengen. Meteorologische condities die een volledige circulatie van diepere meren toelaten (voldoende lage luchttemperatuur samenvallend met winderige condities) zijn eerder zeldzaam, voor de diepste meren maar eens om de 10 tot 30 jaar. Het Kyaninga-meer (>220 m diep) behoort tot het handvol Oegandese kratermeren met een diepwaterzone die nooit mengt die permanent



CLANIMAE - Resultaten

Antropogene en Klimatologische Impacts op de Afrikaanse Ecosystemen

gestratificeerde diepwaterzone wordt gekenmerkt door licht verhoogde concentraties aan opgeloste ionen.

Vervolgens werden 30 studiemeren geselecteerd om de invloed van diepte en mengfrequentie te bepalen op de gevoeligheid van een meer aan verlies van waterkwaliteit wanneer het meer wordt blootgesteld aan antropogene exploitatie van het omliggend landschap. De productiviteit van deze meren werd gerangschikt volgens de Trophic Lake index $TLi = Chl\ a/SD$. Van deze 30 meren zijn er 7 oligotroof (onproductief, $TLi < 0.02$), 9 mesotroof (matig productief, $0.02 < TLi < 0.12$), 11 eutroof (productief, $0.12 < TLi < 0.6$) en 3 hypertroof (zeer productief, $TLi > 0.6$). Oegandese kratermeren zonder of met geringe antropogene activiteit zijn doorgaans oligotroof indien > 90 m diep, en mesotroof indien < 90 m diep. Meren met aanzienlijke antropogene impact kunnen oligotroof zijn (> 90 m diep), mesotroof (35-90 m diep) of eutroof/hypertroof (< 35 m diep). Dit wil zeggen dat landgebruik in het kraterbekken van ondiepe en matig diepe meren de aquatische productiviteit verhoogt, terwijl de waterkwaliteit van zeer diepe meren relatief intact blijft. Dit is zo omdat een groot volume van zelden mengend diep water min of meer permanente nutriëntenopslag toelaat: de lage frequentie van diepe menging belemmert recyclage van nutriënten naar het oppervlaktewater waar de primaire productie plaatsvindt.

CLANIMAE ontwikkelde het eerste interferentiemodel voor historische veranderingen in de productiviteit van Afrikaanse meren op basis van fossiele diatomeeën bewaard in meersedimenten. Daaraan gekoppeld werd onderzocht of de silicon-isotopen samenstelling van fossiele diatomeeën kunnen worden ontwikkeld als nieuwe geochemische proxy voor aquatische productiviteit; deze studie bevorderde inzicht in de silicon-cyclus in Afrikaanse meren. We bestudeerden ook milieu-invloeden op de verspreiding van waterplanten in Oegandese kratermeren, eveneens als exploratie van hun waarde als milieu-indicatoren in paleoecologische reconstructies. Cluster analyse duidde acht belangrijke ecologische gemeenschappen aan, elk met specifieke indicatorsoorten en habitatvereisten met betrekking tot lokale waterdiepte, afstand tot de oever, transparantie (of zijn inverse, turbiditeit), temperatuur, en het gehalte opgeloste ionen en zuurstof. Het gebruik van de fossiele resten van waterplanten voor de reconstructie van veranderingen in hydrologie en waterkwaliteit wordt gehinderd door geringe bewaring van meerdere soorten in meersedimenten. Dit kan deels worden opgelost door de goed bewaarde soorten als indicator voor bepaalde gemeenschappen te gebruiken. Parallele studies van de soortenverspreiding van Cladocera (watervlooiën *sensu lato*) en Ostracoda (mosselkreeftjes) in 62 Oegandese kratermeren bevestigde hun potentieel als biologische indicatoren voor waterkwaliteit en ecosysteemgesteldheid in Oost-Afrikaanse meren. Beide groepen aquatische invertebraten spelen een belangrijke rol in de aquatische voedselketen, en dragen als dusdanig bij tot de ecologische integriteit van die meerecosystemen. De verspreiding van Cladocera in zoete (niet zoute) kratermeren was vnl. bepaald door de hoeveelheid nutriënten (totale fosforconcentratie), de diversiteit aan waterplanten, pH en de fractie van het kraterbekken dat verbouwd wordt.

Een belangrijk onderdeel van het werkprogramma richtte zich op reconstructie van (pre-)historische vegetatie-dynamiek gebaseerd op analyse van fossiel pollen in goed gedateerde boorkernen van meer-sedimenten. Daaraan gekoppeld voerden we een calibratie uit van de omvang van de terrestrische ecosysteemrespons op klimaatverandering, zoals geregistreerd in fossiele pollen-data, door vergelijking van de historiek van vegetatie nabij twee Oegandese kratermeren gelegen in respectievelijk een relatief intact en een antropogeen verstoord landschap. We stelden vast dat zelfs enkele decaden van beperkt hogere (5-10%) neerslag, zoals zich voordeed op het einde van de 19^{de} eeuw en opnieuw in de jaren 1960 en 1970, een significante verschuiving veroorzaakte in de ecotone tussen gras- en boomsavanne. Deze bevinding is belangrijk omdat deze ecotone min of meer het verschil in draagkracht vertegenwoordigt tussen beweiding (veeteelt) en akkerbouw.

Sommige belangrijke Afrikaanse voedingsmiddelen zoals bananen kunnen in de tijd worden getraceerd door middel van hun fossiele fytolieten, opaaldeeltjes binnenin of tussen plantencellen. CLANIMAE valideerde fossiele fytolieten als paleo-ecologische indicatoren van bananenteelt door kwantificering van de relatie tussen de abundantie van fytolieten in de oppervlakesedimenten van 25 kratermeren in Oeganda, en de relatieve bedekking van het kraterbekken met bananenplantages. Deze test gebruikte eigen opnames van landgebruik die het relatieve oppervlak weergeven van 6 types natuurlijke vegetatie, 16 types cultuurgewassen of plantages, en 4 types braakliggende landbouwgrond. We gebruikten dezelfde sediment-monsters en landgebruik-data voor calibratie van de indicatorwaarde van Afrikaanse non-pollen palynomorfen (NPPs), microfossielen die in pollen-preparaten worden aangetroffen, langsheen een landschapsgradiënt van natuurlijk onverstoord tot sterk door de mens geïmpacteerd.

CLANIMAE heeft nieuwe vegetatie-reconstructies opgeleverd voor de gebieden van Queen Elisabeth National Park, Bunyaruguru en Kasenda in westelijk Oeganda, en voor de oostelijke oever van het Victoria-meer en het gebied rond Mt. Kilimanjaro in zuidelijk Kenia. Samen met gepubliceerde data tonen die aan dat significante menselijke invloed op het Oost-Afrikaanse landschap (ontbossing, teelt van gewassen) teruggaat tot (ten minste) ~1000 AD in het relatief vochtige westelijk Oeganda, en tot ~1700 AD in centraal Kenia. Semi-ariëde milieus tonen tekenen van landgebruik voor beweiding tot 600 jaar terug, maar sterkere vegetatie- en bodemverstoring typisch voor de teelt van gewassen, en het eraan gekoppeld verlies aan waterkwaliteit, blijken grotendeels beperkt tot de laatste 70-80 jaar. Data van fossiele diatomeeën-assemblages uit het Chibwera-meer tonen geen spoor van recent toegenomen productiviteit of verlies aan waterkwaliteit, consistent met de onverstoorde toestand van savanne-vegetatie in Queen Elisabeth National Park. Data van het vandaag sterk verstoord, eutrofe Katinda-meer (alsook het Kanyamukali-meer) lijken erop te wijzen dat antropogeen verlies aan waterkwaliteit ~700 geleden is begonnen. Aanwijzingen voor vroegere toename van aquatische productiviteit kan verklaard worden door klimaatgedreven episodes van laagwaterstand.



CLANIMAE - Resultaten

Antropogene en Klimatologische Impacts op de Afrikaanse Ecosystemen

BIJDRAGE VAN HET PROJECT AAN HET BELEID OVER DUURZAME ONTWIKKELING

Verwijzend naar de prioriteiten van het federale "Wetenschap voor een duurzame ontwikkeling" (SSD) programma, richtte CLANIMAE project zich rechtstreeks op wetenschappelijke vraagstukken met kritische relevantie voor 1) duurzame economische ontwikkeling, 2) beheer van schaarse natuurlijke grondstoffen, 3) behoud van biodiversiteit, 4) aanpassing van kwetsbare gemeenschappen aan klimaatveranderingen, en 5) een meer humane globalisering. Resultaten die specifiek relevant zijn voor beleid inzake duurzame ontwikkeling van water en landbronnen in tropisch Afrika zijn:

- 1) De productiviteit van Oegandese kratermeren kan geschat en opgevolgd worden door eenvoudige, herhaalde metingen van de transparantie van de waterkolom met een Secchi-schijf.
- 2) De gevoeligheid van Oegandese kratermeren aan overmatige productiviteit (eutrofiëring), algenbloei en verlies aan waterkwaliteit voor een welbepaalde intensiteit van landgebruik is sterk gecorreleerd aan de diepte van het meer, wegens het verband met de frequentie waarmee de waterkolom volledig wordt gemengd. Meren <35 m diep zijn zeer gevoelig aan waterkwaliteitsverlies, meren > 90 m diep zijn relatief resistent. In hun onverstoorde toestand zijn ondiepe kratermeren in Oeganda meestal niet oligotroof (onproductief) maar mesotroof (met licht verhoogde productiviteit).
- 3) Transparante, onproductieve kratermeren (vandaag bijna zonder uitzondering >90 m diep) zijn een zeer waardevolle bron voor drinkbaar water, en zouden enkel beheerd mogen worden voor ecotoerisme en matige recreatie. Meer productieve meren van geringe tot matige diepte (35-90 m) die reeds onderworpen zijn aan intensief landgebruik, kunnen beheerd worden voor visserij-ontwikkeling en voor waterextractie door landbouw, het laatste binnen limieten toegelaten door het meervolume en de snelheid van aanvulling door grondwater en nieuwe neerslag. Schadelijke algenbloei en frequente vissterfte in dergelijke meren kunnen worden vermeden door het behoud van een bufferzone van natuurlijke vegetatie die belet dat afspoelende bodem het meer bereikt. Viskweek (aquacultuur) is onverenigbaar met de meeste andere gebruiken van een meer. Het zou beperkt moeten worden tot productieve, zeer ondiepe meren waar toegevoegde nutriënten en voedsel continu naar de bovenste waterkolom worden gerecycleerd.
- 4) Aquatische macrofyten-, diatomeeën-, zoöplankton- en zoöbenthos- gemeenschappen vertonen gestructureerde variatie in soorten en samenstelling langsheen gradiënten van abiotische habitatkenmerken en intensiteit van menselijke invloed, hetgeen hun toepasbaarheid bevestigd als indicatoren van biologische waterkwaliteit in Oost-Afrikaanse meren.
- 5) Aanwijzingen voor aanzienlijke respons van terrestrische vegetatie op eerder bescheiden historische trends in natuurlijke neerslagvariatie in onverstoorde Oost-Afrikaanse savanne toont aan dat strategieën voor duurzame economische ontwikkeling rekening moeten houden met grote natuurlijke klimaatgedreven variabiliteit in ecosysteemcondities, die hun draagcapaciteit en hun gerealiseerde diensten beïnvloedt.
- 6) De hydrologische gevoeligheid van meren op natuurlijk grote fluctuaties van de waterbalans in semi-ariëde gebieden (zoals in de centrale slenkvallei van Kenia) zou voor het beleid moeten volstaan om het voorzorgsprincipe te hanteren in de creatie van een watervoorraadbuffer tegen periodieke hevige droogtes. In sterk fluctuerende meren kunnen studies van sedimentatiedynamiek helpen om geschikte limieten voor waterextractie op te stellen, door bepaling van het laagste waterniveau beneden hetwelk een helder-water, gezond ecosysteem verandert in een turbied ecosysteem met slechte waterkwaliteit.
- 7) De kratermeren van westelijk Oeganda bezitten waarden ver boven hun eigen economische betekenis als analogen van ecosysteemfunctie in de contrasterende grote meren Victoria en Tanganyika, in hun historische, huidige en mogelijks toekomstige toestand.

COORDINATEN

Coördinator

Dirk Verschuren

Universiteit Gent
Vakgroep Biologie - Limnology
K. L. Ledeganckstraat 35
B-9000 Gent
Tel: +32 (0)9 264.52.62
Fax: +32 (0)9 264.53.43
dirk.verschuren@UGent.be

Partners

Luc André

Koninklijk Museum voor Midden Africa
Bio-, hydro- en Geochemie
Mineralogie & Petrografie
Leuvensesteenweg 13
B-3080 Tervuren
Tel: +32 (0)2 769.54.59
Fax: +32 (0)2 769.54.32
luc.andre@africamuseum.be

Laurent Bock

Faculté universitaire des Sciences
agronomiques de Gembloux
Laboratoire d'Ecologie
Unité Sol-Ecologie-Territoire
Passage des Déportés 2
B-5030 Gembloux
Tel: +32 (0)81 62 25 38
Fax: +32 (0) 81 61 48 17
geopedologie@fsagx.ac.be

Christine Cocquyt

Nationale Plantentuin van België
Afdeling Cryptogamie
Domein van Bouchout
B-1860 Meise
Tel: +32 (0)2 260.09.41
Fax : +32 (0)2 260.09.45
c.cocquyt@telenet.be

Robert A. Marchant

The University of York
York Institute for Tropical Ecosystem
Dynamics (KITE)
Environment Department, Heslington
York, YO10 5DD, UK
Tel: +44-1904 434061
Fax: +44-1904-432998
rm524@york.ac.uk

