

## Fytoplankton uit het Tanganyika-meer en Cholera

Christine Cocquyt<sup>1</sup> en Pierre-Denis Plisnier<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Nationale Plantentuin van België, Domein van Bouchout, 1860 Meise, België

<sup>2</sup>Koninklijk Museum voor Midden-Afrika, Leuvensesteenweg 13, 3080 Tervuren, België

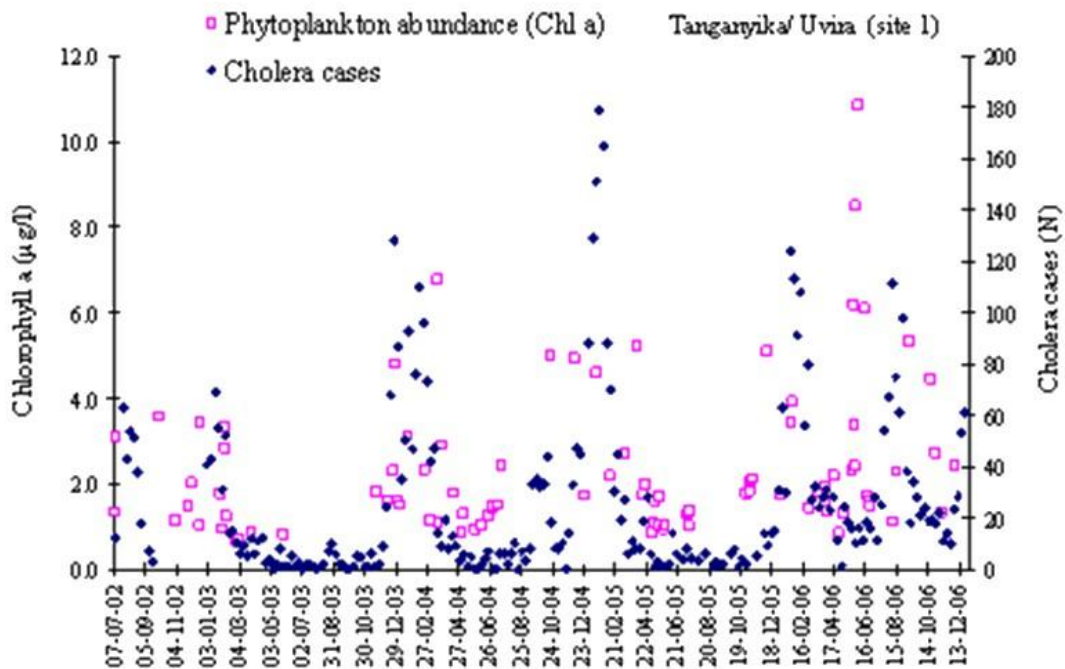
### ABSTRACT

Cholera is in Afrika één van de ziekten die het meeste doden opeist. Opstoten van de ziekte deden terug hun intrede in de streek van de Grote Afrikaanse Meren op het einde van de jaren 1970, het moment dat ook sterke signalen van klimaatveranderingen werden opgetekend. De hypothese heerst dan ook dat de grote meren een rol zouden spelen als reservoir voor de *Vibrio cholera* bacterie, terwijl de verspreiding landinwaarts zou gebeuren door besmette personen (Bompangue et al. 2008). Een verband tussen cholera, fytoplanktonbloeien en copepoden werd reeds aangetoond in lagunes in Azië, maar tot nu toe nog niet in zoetwaterecosystemen. Dankzij een interdisciplinair project CHOLTIC (“Cholera outbreaks at Lake Tanganyika induced by climate change?”) gefinancierd door BELSPO, het Belgisch Federaal Wetenschapsbeleid, wordt een mogelijk verband tussen Cholera opstoten en klimaatveranderingen in het Tanganyika-meer bestudeerd en wordt de mogelijkheid onderzocht voor het ontwikkelen van een vroege waarschuwingmethode. Veranderingen in fytoplanktensamenstelling, van een cyanobacteria-chrysophyta-chlorophyta gemeenschap op het einde van de jaren 1970 (Hecky & Kling 1981) naar een cyanobacteria-chlorophyta-diatomeeën gemeenschap in het begin van de 21ste eeuw zijn reeds gedocumenteerd (Verburg et al. 2003, Cocquyt & Vyverman 2005). In het kader van het CHOLTIC project worden zowel de fytoplanktensamenstelling als hun abundantie bestudeerd gedurende een drie jaar durende monitoring waarbij wekelijks stalen genomen worden nabij Uvira in het noordelijkste gedeelte van het Tanganyika-meer (D.R. Congo) en nabij Mpulungu in het zuidelijkste gedeelte (Zambia). Zowel stalen genomen in het litoraal als in het diepe pelagiaal gedeelte van dit tweede diepste meer ter wereld worden bestudeerd. De eerste resultaten van het fytoplanktononderzoek zullen worden voorgesteld, waarbij aandacht zal worden besteed aan de dominante algentaxa, zowel diatomeeën als niet-diatomeeën, zoals waargenomen tijdens de analyses van de stalen genomen nabij Uvira en Mpulungu, en een voorlopige vergelijking met de resultaten van het onderzoek uitgevoerd in 1975 (Hecky & Kling 1981) in het noordelijk gedeelte van het meer zullen worden toegelicht.

### INLEIDING

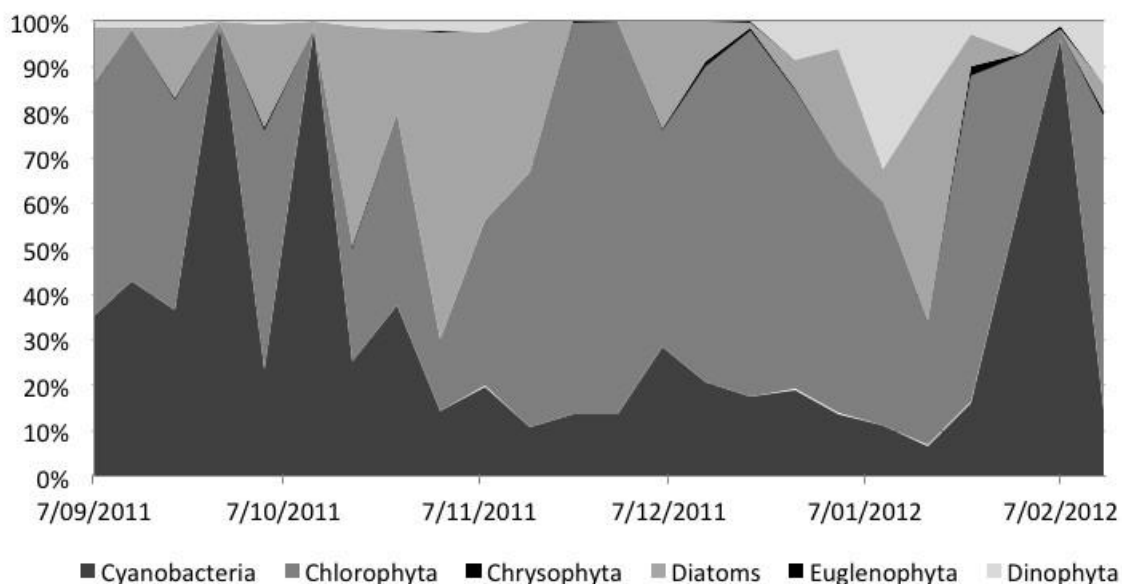
In Afrika is Cholera één van de ziekten die een grote dodentol opeist. Alhoewel gedurende het laatste decennium het aantal Cholera gevallen in Azië en Amerika daalt is dit geenszins het geval in Afrika. Integendeel de ziekte breidt zich zelfs uit. Sinds het begin van de 20<sup>ste</sup> eeuw was er in tropisch Afrika geen enkel geval van Cholera meer genoteerd. Opstoten van deze ziekte deden echter terug hun intrede in de streek van de Grote Afrikaanse Meren op het einde van de jaren 1970, het moment waarop ook sterke signalen van klimaatveranderingen werden vastgesteld. Recent werd de hypothese geopperd dat de grote slenkmeren een rol zouden spelen als reservoir voor de *Vibrio cholera* bacterie, terwijl de verspreiding landinwaarts zou gebeuren door besmette personen (Bompangue et al. 2008). In 2007 nam Didier Bompangue, arts in de Democratische Republiek Congo (DR Congo), contact op met het Belgische netwerk dat sinds een vijftiental jaar de ecologie en limnologie van het Tanganyika-meer

bestudeerd (met project zoals ENSO, CLIMLAKE, CLIMFISH, allen gefinancierd door BELSPO: Belgisch Federaal Wetenschapsbeleid). Een mogelijk verband tussen de milieufactoren in het Tanganyika-meer en de Cholera-epidemieën werd besproken. Uiteindelijk werd er ook contact gelegd met niet alleen andere Belgische onderzoekers (Jan Jacobs en Hilde de Boeck van het Instituut van Tropische geneeskunde te Antwerpen) maar ook met Franse onderzoeksgroepen (Renaud Piarroux, Université de Marseille en Patrick Giraudoux, Université de Franche-Comté).



**Afbeelding 1.** Evolutie van het aantal Cholera-gevallen en de fytoplanktonabundantie in het Tanganyikameer nabij Uvira, DR Congo (naar Plisnier et al. 2011).

Toeval of niet maar het aantal Cholera gevallen geplotted op een tijd-as van 2002 tot 2006 vertoont hetzelfde patroon en dezelfde pieken als de veranderingen in fytoplanktonabundantie, uitgedrukt in Chl a, tijdens dezelfde periode (Afb. 1). De fytoplanktonabundantie in het Tanganyika-meer kan gemakkelijk berekend worden aan de hand van satellietfoto's. Informatie over welke algengroepen, laat staan welke algensoorten, verantwoordelijk zijn voor de "algenbloeiën" die optreden kunnen echter niet verstrekt worden. In het kader van een huidig lopend project CHOLTIC (Cholera outbreaks at Lake Tanganyika induced by Climate Change?), gefinancierd door BELSPO, wordt de fytoplanktonaanstelling alsook de abundantie van de dominante soorten bestudeerd. Op drie verschillende plaatsen langs het Tanganyika-meer werd een monitoring opgestart in 2011-2012. In het huidige manuscript zullen enkel voorlopige resultaten van het fytoplanktononderzoek te Uvira (DR Congo) in het noordelijkste deel van het meer worden besproken. De twee overige locaties zijn gelegen in het zuidelijkste deel van het meer nabij Mpulungu (Zambia), en te Kalemie (DR Congo) ongeveer in het midden van het meer waar zich de monding via de Lukuga rivier naar de Congo-stroom bevindt.



**Afbeelding 2.** Veranderingen in relatieve fytoplanktonaanpak, uitgedrukt in % in biovolumes, binnen de algengroepen nabij Uvira voor de periode 7 september 2011-7 februari 2012: resultaten van de kwalitatieve analyse van de stalen uit het litoraal.

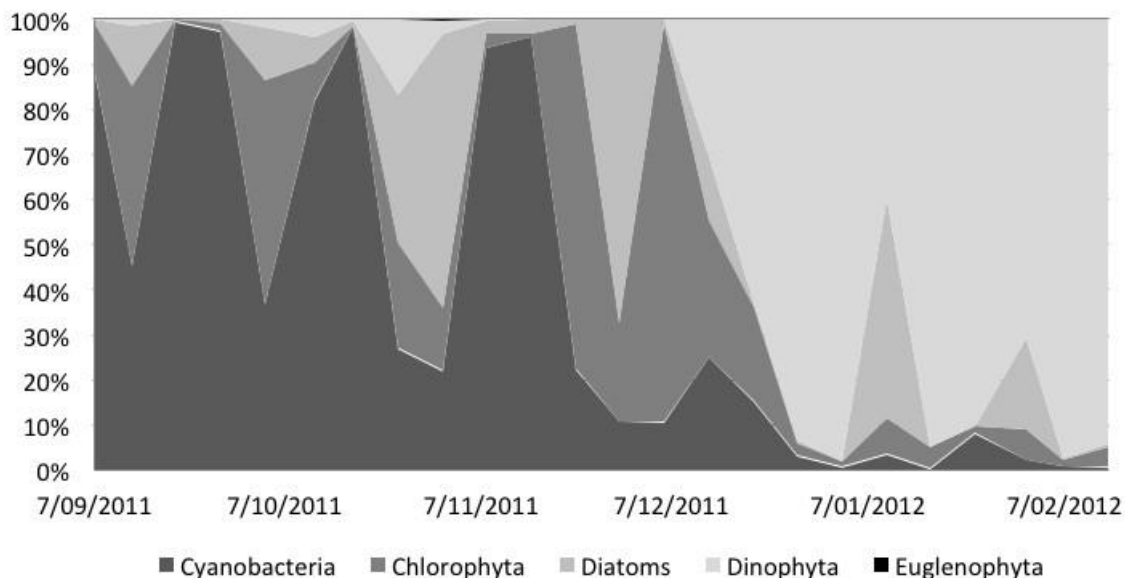
## MATERIAAL EN METHODEN

In september 2011 werd een wekelijkse staalname opgestart nabij Uvira (DR Congo) in het uiterste noorden van het Tanganyika-meer. Naast het bepalen van limnologische gegevens waaronder temperatuur, pH en geleidbaarheid worden er simultaan stalen genomen voor fytoplanktononderzoek. Deze staalname vindt plaats in een litorale locatie dichtbij de oever en in een pelagiale plaats een 3-tal km van de oever verwijderd. Zowel kwantitatieve als semi-kwantitatieve staalnamen worden uitgevoerd. De kwantitatieve staalname bestaat uit het vullen van een polyethyleen potje van 100 ml met water uit het meer, genomen juist onder het wateroppervlak op beide locaties, terwijl in het pelagiaal ook stalen genomen worden op 10 m, 20 m, 30 m en 40 m diepte met een Niskin waterfles. De semi-kwantitatieve stalen worden genomen met een fytoplanktonnet (maaswijdte 10  $\mu\text{m}$ ) door het net horizontaal te slepen over een lengte van ongeveer 20 m op de litorale staalnameplaats, en door in het pelagiaal het net verticaal te trekken vanop 60 m diepte tot aan de oppervlakte. Fixatie gebeurt *in situ* door het toevoegen van een basische lugol oplossing gevolgd door formol. De stalen worden in het donker bewaard en getransporteerd naar België waar ze na analyse ingelast worden in het herbarium van de Nationale Plantentuin van België (BR). De fytoplanktonstalen worden geanalyseerd volgens de Utermöhl methode (Utermöhl, 1931) gebruikmakend van een omgekeerd microscoop (Olympus CK X 41) en bezinkingskamers van 10 ml. De resultaten van de tellingen, uitgedrukt in cellen en aantal cellen per kolonie, worden omgerekend naar biovolumes in navolging van Hillebrand et al. (1999) aan de hand van gemiddelde afmetingen. Determinaties van de fytoplanktontaxa gebeuren aan de hand van standaardwerken zoals onder meer Huber-Pestalozzi (1955), Komárek & Fott (1983), Komárek & Anagnostidis (1999), en meer specifieke werken met betrekking tot de Afrikaanse fytoplanktonflora (o.a. Van Meel, 1955, Compère 1967, 1975).

## RESULTATEN EN BESPREKING

De hier besproken resultaten van de fytoplanktonanalyse omvatten de periode september 2011 – februari 2012 en worden uitgedrukt in biovolumes. De resultaten van de kwalitatieve analyse (Afb. 2) toont aan dat op het einde van het droog seizoen in september, tevens het begin van de monitoring, de cyanobacteriën relatief de belangrijkste groep vertegenwoordigen in de litorale staalnameplaats. In de

pelagiale site vormen de cyanobacteriën samen met de groenwieren de belangrijkste groep (Afb. 3). Diatomeeën nemen in belang toe om hun maximale relatieve abundantie te bereiken eind oktober. De toename van de diatomeeën komt overeen met de “opwelling” van kouder, nutriëntenrijk hypolimnionwater in het noorden van het meer wanneer de zuidoostpassaatwinden zijn gaan liggen. De zuidoostpassaatwinden waaien in het droogseizoen (midden mei tot begin oktober) en stuwen het water van het Tanganyika-meer van zuid naar noord want het meer ligt in het verlengde van de windrichting van de passaatwind. Een interne golf zorgt ervoor dat het water terug naar het zuiden vloeit dit met een uitdeinende oscillerende beweging. Vandaar dat er ook regelmatig nutriëntenrijk anoxisch water dicht bij het oppervlakte komt in het begin van het regenseizoen wat duidelijk zichtbaar is in de oscillerende cyanobacteriën abundantie met afnemende amplitude in het begin van de analyse (Afb. 2 en 3). In het pelagiaal blijven de groenwieren de belangrijkste groep terwijl in het litoraal de dinoflagellaten in belang toenemen zelf bijna 100 % van het fytoplankton uitmaken. De dinoflagellaten, vertegenwoordigd door een *Woloszynskia* sp. in het litoraal, zijn relatief gezien minder belangrijk in het pelagiaal en zijn daar vertegenwoordigd door *Peridinium africanum*. De andere dominante algensoorten zijn dezelfde in het litoraal als in het pelagiaal, onder andere: *Aphanothece* cf. *clathrata*, *Chroococcus limneticus* en *Chroococcus turgidus* (cyanobacteriën), *Dictyosphaerium ehrenbergianum*, *Dictyosphaerium pulchellum* en *Coelastrum reticulatum* (groenwieren), *Nitzschia asterionelloides* en *Rhopalodia hirudiniformis* (diatomeeën). De resultaten van de kwantitatieve analyses, uitgevoerd op stalen genomen op een diepte van 0 m en uitgedrukt in relatieve abundanties wijken lichtjes af van de resultaten van de kwalitatieve planktonnetanalyses. Dit is voornamelijk te wijten aan de feit dat kleine fytoplanktonten door de mazen van het net glijden. Dit is bijvoorbeeld het geval voor groenwiertjes behorende tot het genus *Didymocystis*, welke afmetingen hebben van minder dan 10 µm lengte en een breedte van amper 4 µm.

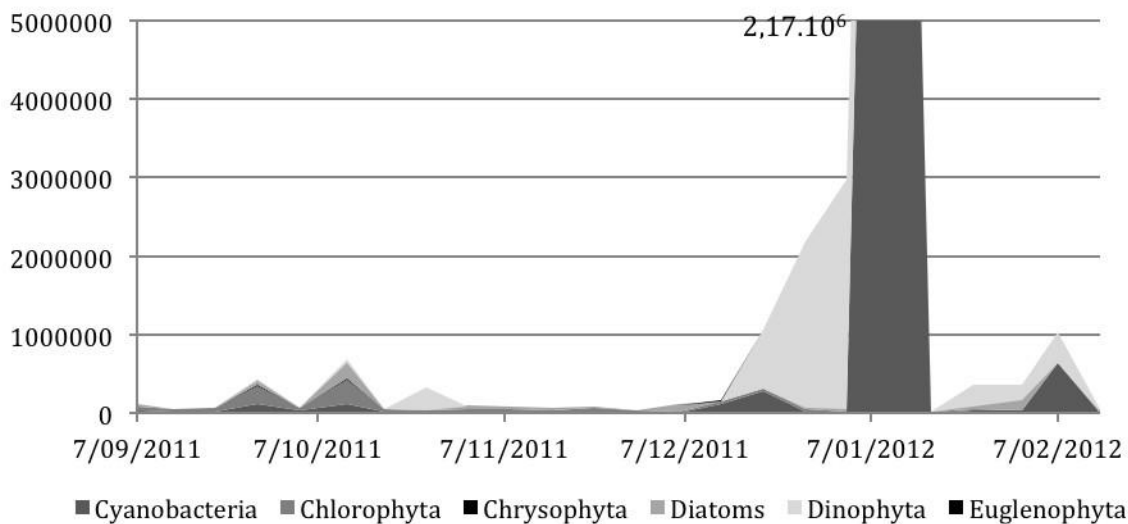


**Afbeelding 3.** Veranderingen in relatieve fytoplanktonsamenvatting, uitgedrukt in % in biovolume, binnen de algengroepen nabij Uvira voor de periode 7 september 2011-7 februari 2012: resultaten van de kwalitatieve analyse van de stalen uit het pelagiaal op ongeveer 3 km van de oever.

De waargenomen fytoplanktongemeenschap in het pelagiaal is een Cyanobacteria-Chlorophyta-Bacillariophyta-gemeenschap, een gemeenschap die eerder werd waargenomen in het Tanganyika-meer nabij Kigoma (Tanzania) in het begin van de 21<sup>ste</sup> eeuw (Verburg et al. 2003, Cocquyt & Vyverman 2005). Door klimaatverandering is de vroegere Cyanobacteria -Chlorophyta- Chlorophyta-gemeenschap, zoals vastgesteld 1975 in het pelagiaal nabij Kigoma en Bujumbura (Burundi) (Hecky & Kling 1981) vervangen door de hoger vermelde gemeenschap waarbij diatomeeën in belang zijn toegenomen, en de chrysophyta nu zo goed als ontbreken.

Het belang van de Dinophyta beperkt zich voornamelijk tot het litoraal, waar er een Cyanobacteria-Chlorophyta-Bacillariophyta-Dinophyta-gemeenschap voor-komt. Lokale invloeden spelen hierbij een rol, en invloed vanuit het land is hier niet vreemd aan gezien de grootste relatieve abundanties waargenomen zijn tijdens het regenseizoen waarbij door erosie veel materiaal inspoelt in het meer.

De resultaten van de kwantitatieve analyse op een diepte van 0 m in het litoraal en in het pelagiaal geven een beter beeld van de werkelijke belangrijkheid van de algen in het meer en van hun productiviteit. De belangrijkheid van de dinoflagellaten en de cyanobacteriën in het litoraal komt goed tot uiting in de grafiek waar de biovolumes worden geplot (Afb. 4). Een zeer hoge piekwaarde (tot  $2,17 \cdot 10^6 \mu\text{m}^3/\text{ml}$ ) wordt bereikt in de eerste helft van januari 2012. Net ervoor, in de tweede helft van december 2011, is *Woloszynskia* (Dinophyta) massaal aanwezig met een biovolume van ongeveer  $3 \cdot 10^6 \mu\text{m}^3/\text{ml}$ .



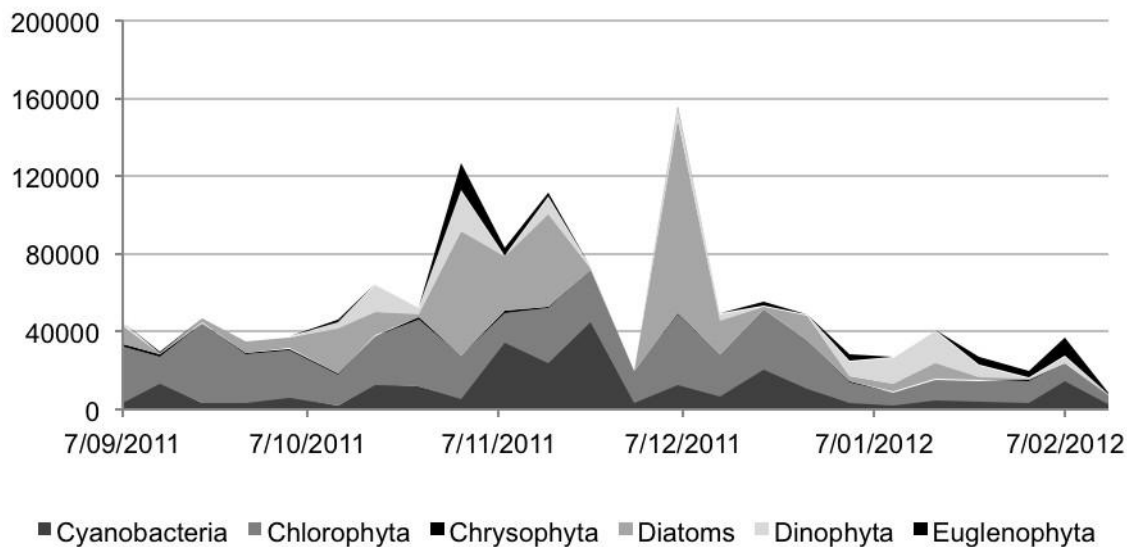
**Afbeelding 4.** Veranderingen in phytoplanktonsamenvesting, uitgedrukt biovolumes ( $\mu\text{m}^3/\text{ml}$ ), binnen de algengroepen nabij Uvira voor de periode 7 september 2011-7 februari 2012: resultaten van de kwantitatieve analyse van de stalen uit het litoraal.

In het pelagiaal (Afb. 5) is duidelijk de invloed merkbaar van de “opwelling” van nutriëntenrijk hypolimnion water in het regenseizoen: vanaf oktober, begin van het regenseizoen, is een stijging in het totaal biovolume merkbaar en is er een uitgesproken Cyanobacteria-Chlorophyta-Bacillariophyta-gemeenschap aanwezig. Bij het wegebben van de oscillerende werking van de interne golf worden er minder nutriënten aangevoerd en neemt de algenpopulatie terug af. De diatomeeënpiek in december, voornamelijk te wijten aan de aanwezigheid van *Rhopalodia hirudiniformis*, een perifytisch taxon, kan te wijten zijn aan bijvoorbeeld een hevige storm waarbij er menging gebeurt van litoraal en pelagiaal water. Verdere analyses moeten nog worden uitgevoerd om te zien of dit een fenomeen enkel in het oppervlaktewater, ofwel ook in de diepere lagen terug te vinden is. In de fytoplanktonnetstalen is *Rhopalodia hirudiniformis* ook aanwezig in het pelagiaal, maar niet zo dominant als in de kwantitatieve stalen wat erop kan wijzen dat deze soort enkel piekt in de bovenste watermassa.

## CONCLUSIE

Pas als alle analyses van het fytoplankton tijdens de monitoring over een periode van drie jaar uitgevoerd zijn zal worden overgegaan tot statistische verwerking van de gegevens. Het is bewezen van fytoplanktonbloei in zeeën en lagunes dat ze gelinkt kunnen worden aan Cholera. Wat het Tanganyika-meer betreft is aangetoond dat er ook een verband bestaat tussen Cholera en fytoplanktonbloei, alvast voor de periode 2002-2006. Hopelijk kan de gedetailleerde studie van de fytoplanktonsamenvesting in het meer aanwijzingen opleveren welke algensoorten een belangrijke rol

spelen zodat er een “vroegge waarschuwing” kan uitgebouwd worden aan de hand van de abundantie van die soorten.



**Afbeelding 5.** Veranderingen in relatieve fytoplanktonsamenvatting, uitgedrukt biovolume ( $\mu\text{m}^3/\text{ml}$ ), binnen de algengroepen nabij Uvira voor de periode 7 september 2011-7 februari 2012: resultaten van de kwantitatieve analyse van de stalen uit het pelagiaal op ongeveer 3 km van de oever.

Onze resultaten van het fytoplanktononderzoek van de stalen genomen nabij Uvira in het uiterste noorden van het Tanganyika-meer bevestigen eerder waargenomen veranderingen in het meer. Dezelfde verandering zoals beschreven nabij Kigoma, Tanzania (Verburg et al. 2003, Cocquyt & Vyverman 2005, ) waarbij de Chrysophyta- gemeenschap geobserveerd in het midden van de jaren 70 vervangen is door een Cyanobacteria-Chlorophyta-Bacillariophyta gemeenschap wordt eveneens te Uvira waargenomen.

## DANKWOORD

De auteurs zijn dank verschuldigd aan het Belgisch Federaal Wetenschapsbeleid (BELSPO) voor het financieren van het interdisciplinair project CHOLTIC (“Cholera outbreaks at Lake Tanganyika induced by climate change?”), project nummer SD/AR/04A in het kader van de duurzame ontwikkeling. De auteurs danken ook het lokale team van het “Centre de Recherches Hydrobiologiques” in Uvira (DR Congo) voor het verzorgen van de wekelijkse staalnamen zonder dewelke dit project niet kan plaatsvinden. Tevens willen ze alle andere collega’s betrokken bij dit project ook bedanken voor de goede samenwerking en de nuttige discussies.

## LITERATUUR

- Cocquyt, C., Vyverman, W., 2005. Phytoplankton in Lake Tanganyika: a comparison of community composition and biomass off Kigoma with previous studies 27 years ago. *Journal of Great Lakes Research* 31(4): 535-546.
- Compère, P., 1967. Algues du Sahara et de la région du lac Tchad. *Bulletin du Jardin botanique national de Belgique* 37: 109-288.
- Compère, P., 1975. Algues de la région du lac Tchad. III. Rhodophycées, Euglenophycées, Cryptophycées, Dinophycées, Chrysophycées, Xanthophycées. *Cahiers O.R.S.T.O.M. série Hydrobiologie* 9(3): 167-192. *Bulletin du Jardin botanique national de Belgique* 37: 109-288.
- Hecky, R.E., Kling, H., 1981. The phytoplankton and protozooplankton of the euphotic zone of Lake Tanganyika: Species composition, biomass, chlorophyll content, and spatio-temporal distribution. *Limnology and Oceanography* 26: 548-564.

- Hillebrand, H., Dürselen, C.-D., Kirschtel, D., Pollinger, U., Zohary, T., 1999. Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. *Journal of Phycology* 35: 403-424.
- Huber-Pestalozzi, G., 1955. Das Phytoplankton des Süßwassers: Euglenophyceae. In: *Die Binnengewässer* 16 (4). Schweizerbart'sche Verlag, Stuttgart, 606 pp + 114 pls.
- Komárek, J., Fott, B., 1983. Chlorophyceae, Chlorococcales. In: Huber-Pestalozzi, G. (ed.) *Die Binnengewässer. Das Phytoplankton des Süßwassers* 16 (7/1). Schweizerbart'sche Verlag, Stuttgart, 1044 pp.
- Komárek, J., Anagnostidis, K.; 1999. Cyanoprokaryota 1; Chroococcales. In: Ettl, H., Gärtner, G., Heynig, H., Mollenhauer, D. (eds.) *Süßwasserflora von Mitteleuropa* 19(1). Jena, Gustav Fischer, 548 pp.
- Plisnier, P.-D., Bompangue, D., Piarroux, R., Cocquyt, C., Jacobs, J., De Boeck, H., Giraudoux, P., Deleersnijder, E., Naithani, J., Hanert, E., Muyembe, J.-J., Miwanda, B., Nshombo, V., Poncelet, N., Cornet, Y., 2011. CHOLTIC: Epidémies de Cholera au lac Tanganyika induites par les changements climatiques ? / Cholera-epidemieën in het Tanganyika-meer veroorzaakt door klimaatveranderingen? *Science Connection* September 2011: 38-42.
- Plisnier, P.-D., Bompangue, D., Piarroux, R., Cocquyt, C., Jacobs, J., De Boeck, H., Giraudoux, P., Deleersnijder, E., Naithani, J., Hanert, E., Poncelet, N., Cornet, Y., 2012. Mid-term Scientific report project SD/AR/04A.
- Uthermöhl, H., 1931. Neue Wege in der quantitativen Erfassung des Planktons. *Verhandlungen der internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie* 5: 567-596.
- Van Meel, L., 1954. Le phytoplancton. In: *Exploration, hydrobiologie du lac Tanganyika*. Institut Royal de Sciences Naturelles de Belgique 4 (1): 681 pp + atlas 126 pls.
- Verburg, P., Hecky, R.E., Kling, H.J., 2003. Ecological consequences of a century of warming in Lake Tanganyika. *Science* 301: 505-507.