

**Students: Christie Hauptert, Terence Hakizimana, Arthur Nahayo**

**Affiliation: C.H.- University of Minnesota-Duluth, T.H. and A.N.- University of Burundi**

**Project Title: An Investigation of short-term variations in the thermocline depth in Lake Tanganyika and its effect on nutrient levels in Kigoma Basin**

## Introduction

The seasonal morphology of Lake Tanganyika sets up an internal seiche that oscillates throughout the lake. This unique oscillation has been found to be on the order of 26-33 days (Coulter and Spigel, 1991). Pulses generated by the internal wave can often be reflected in the level of the thermocline depth as well as in nutrient levels.

## Objectives

An investigation of movements in the thermocline depth and its impact on fluctuations in the nutrient regime examined trends in the long-term and short-term internal waves. The long-term trend was studied by measuring physical and chemical parameters and chlorophyll *a* on a 3-day cycle. The presence of shorter-term fluctuations was investigated during an intensive 6-day morning and afternoon period.

## Materials and Methods

**Field Work:** Sampling was performed on a wooden Ujiji boat at S 4°53.453' and E 29° 35.059' on June 24 and 26, and at S 4° 52.804' and E 29° 36.026' from June 30-July 6. The site was changed due to rough conditions at the former site. The sampling consisted of on-board temperature and dissolved oxygen measurements using an FAO-FINNIDA Temperature and DO meter at every 10m down to 60-100m. Radiation measurements were taken using a LICOR instrument at four surface water depths as well as secchi disk readings. Six one-liter water samples were obtained at 0, 20, 40, 60, 80, and 100m respectively. From July 1-6 a thermistor chain was placed at S 4° 52.945' and E 29° 35.958' at 5m, 50m, 60m, 70m, and 80m to measure the water column every 10 min.

**Lab Work:** Conductivity, pH and turbidity were measured using standard meters. Alkalinity tests were performed with a basic H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> titration. The water samples, down to 60m, were filtered using a filter pump and the filter paper stored in 94.1% CH<sub>3</sub>OH for spectrophotometric chlorophyll *a* analysis. The filtered water was then used to measure NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, PO<sub>4</sub><sup>-</sup>-P, and SiO<sub>2</sub> following the HACH DR/2010 spectrophotometric methods.

## Results

**Physical (Temperature Data- Hauptert):** Appendix I and II show all of the raw data collected in the field and lab. The temperature data from the FAO-FINNIDA T° and DO meter did not reach far enough into the water column to determine the actual depth of the thermocline. The trend in the upper part of the metalimnion was determined and used to supplement the thermocline (Figure 1A). This exists between depths of 60-100+m. The trend at 24.6°C characterizes the long-term fluctuations in the thermocline depth. A short-term wave was not discernable due to the small data set.

A compilation of thermistor data from this study and another team's study showed a distinct boundary between surface water and deeper water movements (Figure 2A). The water column appears to be stratified between 30-50m. Above this depth, daily warming trend peaks are present between 12:00 and 15:00 each day. Below the stratified layer, especially during July 1-6 there are many fluctuations, or pulses, that are completely separate from the surface waters. During the third of July, a dramatic increase occurred in the temperature. The chain had been lifted out of the water 3 hours earlier and replaced at a different location.

## Discussion

**Physical (Temp):** The depth of the thermocline decreases starting after June 14 and hits a minimum around June 22, it begins to increase after that and peaks at a maximum late July 3 (Figure 1A). This period is only 18 days long, however; previously recorded waves have been measured on order of 26-33 days. Perhaps the wave period was shorter this month. Without temperature readings from June 13 and 15-18 it is hard to know exactly what level the metalimnion was at during that period.

The thermistor data provided evidence that there are indeed fluctuations or some sort of water movement that is influenced only in the deeper water (Figure 2A). The phenomenon occurring on July 3 is somewhat disturbing. There is currently no logical reasoning for this phenomenon, but it can not be ruled out as erroneous data. In comparing previous records of the lake, there appears to be a lot of patchiness when small pulses travel through the lower water column. This anomaly may indeed be caused from some aperiodic pulse that surged through the lake.

## B: Results (Physical/Chemical-Nahayo and Hazikimana)

Nous nous sommes intéressés par certains paramètres physiques et chimiques (turbidité, chlorophylle *a*, nitrates, phosphates et silicates). Nous devons signaler que les autres paramètres ont été mesurés sur terrain et au laboratoire mais

non pas été traitée statistiquement ou graphiquement faute de temps (alcalinité, radiation à la surface de l'eau, conductivité etc.

### 1.) Comparaison de la turbidité et de la chlorophylle a (FIG 1B&2B)

Il apparaît que les deux paramètres varient en même temps et avec la thermocline (voir C. Hauptert)

En principe la turbidité diminue avec la profondeur mais pas toujours car des faits il y a présence des patchiness. Mais avec la diminution de la profondeur de la thermocline c'est-à-dire la montée de la thermocline il y a une montée des nutriments qui augmentent la turbidité (voir Fig. 2B) en date du 4 juillet. De même, la chlorophylle a augmente la même date (voir Fig. 1B). En plus les deux paramètres continuent à varier dans le même sens que la thermocline. Une attention est à tirer sur les deux paramètres avec la variation de la thermocline.

### 2.) Analyse des phosphates, nitrates et silicates

Les trois nutriments ont une importance capitale dans la chaîne alimentaire au niveau des eaux. Tous les trois sont beaucoup concentrés en profondeur avec la prédominance des silicates dans les eaux anoxiques. Pour les phosphates notre analyse le prouve (voir Fig. 3B).

En effet à partir du 2 juillet il y a une augmentation de la concentration des phosphates qui va avec le début de la montée de la thermocline. Par contre, nous ne voyons pas une montée de nitrates, ni des silicates, plutôt ils diminuent en même temps, alors que la thermocline monte. Nous ne croyons pas qu'il y a une liaison logique, mais on peut penser aux organismes qui en ont besoin pour la synthèse des aliments (voir Fig. 4B et 5B). Le 2, 3 et 4 juillet, nous n'avons pratiquement pas de silicates, nous croyons qu'il y aurait une grande activité des diatomées qui en utilisent pour la synthèse des frustules.

## **Discussion**

Une conclusion préliminaire conduit à dire que certains paramètres, varient avec la profondeur. Ici nous pensons aux phosphates, nitrates, silicates, turbidité et chlorophylle a.

Si les moyens le permettent nous comptons continuer l'analyse de nos données et peut-être continuer l'analyse de l'échantillonnage.

Une meilleure connaissance de la périodicité de vagues internes pourrait renseigner sur la disponibilité des nutriments qui influence la présence des autotrophes et microorganismes qui en utilisent pour la synthèse d'aliments. Ici nous pensons aux diatomées, rotifères, etc. qui constituent la base de nourriture de poisson. Ainsi on pourrait renseigner aux pêcheurs le moment de poser les filets pour une meilleure prise.

Toutefois, une connaissance interdisciplinaire (climatologique, biologique et limnologique) pourrait apporter de bons renseignements. Donc en même temps qu'il faille faire des analyses limnologiques il faut aussi une étude biologique et climatologique combinée.

## **C: Présentation des résultats**

24 Juin : La distribution de la concentration des nitrates est constante jusqu'à 40m puis augmente jusqu'à 80m. L'allure de la concentration des phosphates est similaire à celle de la chlorophylle et a tendance à s'accroître avec la profondeur. La thermocline est à plus ou moins 60m de profondeur et l'oxycline aux environs de 75m.

26 Juin : L'allure de la concentration des nitrates dans les 40 premiers m augmente contrairement à la concentration de la chlorophylle comme indique la déviation standard. Entre-temps la concentration de la silice est grande. La thermocline descend avec l'oxycline. La quantité des phosphates n'est pas grande comparativement aux autres jours.

2 Juillet : L'échantillonnage s'est fait plutôt de 2 heures que les 2 jours précédents. Une diminution des nitrates, de la silice, de la chlorophylle mais pas de variation sensible d'alcalinité. Entre-temps on observe une augmentation des phosphates contrairement au jour précédent où le boom était à 40 et 80m. La conductivité varie également avec la thermocline.

3 Juillet : La concentration des phosphates est grande à la surface et à 40m de profondeur. Ceci est en corrélation avec la concentration de la chlorophylle à la même température. Il faut également souligner qu'à la même date que la concentration des nitrates au-dessus de la thermocline est grande. La thermocline et l'oxycline sont en dessous de 60m avec une alcalinité grande d'où une probabilité d'une activité métabolique. La quantité des silicates est encore presque nulle au-dessus de la thermocline.

4 Juillet : L'intervalle avec le jour précédant étant de 24 heures, on n'observe pas de variation très sensible mais on peut noter au-dessus de la thermocline une grande quantité de nitrates surtout à 0m et 20m et la chlorophylle diminue avec la profondeur pour s'annuler à 60m. La conductivité qui augmente coïncide avec la grande quantité de nitrates, de phosphates, faible augmentation de silice et d'alcalinité. L'oxycline est descendue jusqu'à 50m et la thermocline à 55-60m sans oublier un niveau élevé de la chlorophylle.

5 Juillet : Coïncidé avec le 3e jour après le 2 juillet. On remarque une montée très nette de presque tous les nutriments (nitrates, phosphates, silicates, et l'alcalinité).

6 Juillet : Une augmentation de la concentration de la chlorophylle entre 10 et 45m de profondeur. Quant à l'alcalinité,

elle augmente progressivement au cours de ces jours d'échantillonnage. Une autre remarque est que les nitrates et les silicates sont grandes au-dessus de la thermocline.

### **C: Discussion des résultats**

A voir l'évolution ou la répartition des nutriments au-dessus, de thermocline, on constate quelques particularités. Au premier jour nous constatons une relation de proportionnalité entre la Chlorophylle et les différents nutriments d'où une grande probabilité d'une activité métabolique et photosynthétique. On constate que la stabilité des nitrates est liée également avec la profondeur de la oxycline. Qui est descendu parallèlement à la concentration des nitrates (voir tous les jours mesures).

D'une manière générale, que pour les nitrates nous avons du 24/06, une diminution avec un minimum au 2 juillet pour regagner le pic au 3 juillet soit environ 8 jours et par après on constate une autre faible diminution. On ne peut rien suggérer pour les autres 8 jours faute de données mais on pense que l'allure serait semblable. En outre l'augmentation de la concentration des nitrates vers la surface est en relation avec la thermocline sous l'impulsion d'une vague interne.

Quant aux silicates, on constate qu'il existe presque une similitude avec les allures des courbes des nitrates avec quelques réserves pour le 24/06 entre 80m et 100m de profondeur suite à la chute de la courbe ; probablement la présence des diatomés qui ont consommés la silice dissoute.

Il est également important de souligner l'allure inverse des phosphates et des silicates entre le 26/06 et le 6/07.

A voir les données du 2/07 pour les nitrates, on peut suggérer qu'elles étaient soit défavorables pour la stabilité de l'azote nitrique (potentiel d'oxydo-réduction trop bas, absence d'oxygène) (pas de données de D.O. ce jour) et nitrates tendent à disparaître et sont beaucoup moins stables (nitrites, ammoniac) et ses sels ou soit des erreurs d'analyse.

Il est également intéressant de signaler que du 24/06 au 6/07 les allures des phosphates, des nitrates, et de la chlorophylle sont plus ou moins semblables. Même si la variation est faible, l'alcalinité est en corrélation avec la chlorophylle à savoir quand l'un augmente l'autre diminue. L'échantillonnage le matin avant l'activité photosynthétique en plus de la brise du lac peuvent apporter quelques modifications.

### **CONCLUSION:**

A long-term wave in the thermocline depth was determined to be on the order of about 18 days. Thermistor data showed that the water column has a stratified layer that separates any fluctuations in the surface from those happening deeper. Trends in nitrate, phosphate and silicate followed the periodic motion of the internal wave. Therefore, periodic fluctuations

in the thermocline depth have an impact on the level of nutrients, as well as the level of microorganisms.

### **REFERENCE:**

Coulter G.W., & Spigel R.H., 1991. *Hydrodynamics*. in Lake Tanganyika and its Life, Coulter (1991) ed. Oxford Univ; Press



