

Un projet financé par le Programme des Nations Unies pour le Développement/Fonds pour l'Environnement Mondial (PNUD/FEM) et exécuté par le Bureau des Services d'Appui aux Projets des Nations Unies (UNOPS).

A project funded by the United Nations Development Programme/Global Environment Facility (UNDP/GEF) and executed by the United Nations Office for Project Services (UNOPS).

## **Etude Spécialisée de Sédimentation (ESSED) –**

Résumé des conclusions pour le Programme d'Action Stratégique (PAS)

Mar 2000

**Lutte contre la pollution et autres mesures pour protéger la biodiversité du Lac Tanganyika  
(RAF/92/G32)**

**Pollution Control and Other Measures to Protect Biodiversity in Lake Tanganyika  
(RAF/92/G32)**

Le Projet sur la diversité biologique du lac Tanganyika a été formulé pour aider les quatre Etats riverains (Burundi, Congo, Tanzanie et Zambie) à élaborer un système efficace et durable pour gérer et conserver la biodiversité du lac Tanganyika dans un avenir prévisible. Il est financé par le Fonds pour l'Environnement Mondial par le biais du Programme des Nations Unies pour le Développement.

The Lac Tanganyika Biodiversity Project has been formulated to help the four riparian states (Burundi, Congo, Tanzania and Zambia) produce an effective and sustainable system for managing and conserving the biodiversity of Lake Tanganyika into the foreseeable future. It is funded by the Global Environmental Facility through the United Nations Development Programme.



# **Etude Spécialisée de Sédimentation (ESSED) – Résumé des conclusions pour le Programme d'Action Stratégique (PAS)**

Produit le 06 décembre 1999 - G. Patterson (Coordinateur ESSED)

## **1. INTRODUCTION**

Ce document vise à résumer l'ESSED jusqu'à cette date et définir la menace des sédiments en suspension sur le Lac Tanganyika. Les questions clé se rapportent sur la façon dont les sédiments en suspension impactent sur la biodiversité et ceci en équilibre ou y a-t-il une menace supplémentaire se rapportant aux activités humaines croissantes dans le bassin du lac. Il aborde aussi les autres facteurs clés qui se rapportent à l'apport des sédiments y compris l'hydrologie du bassin, les nutriments associés avec les sédiments et les facteurs en amont qui font que ces matériaux sédimentaires se mobilisent.

### **1.1 Le processus du PAS et l'ESSED**

Le Programme d'Action Stratégique résumera les menaces à la Biodiversité et suggérera les objectifs de gestion pour les organes nationaux et régionaux et donnera aussi des suggestions pour le travail et le suivi dans l'avenir.

Le FEM a publié les directives de sa Stratégie Opérationnelle qui décrivent le but du PAS comme suit :

*“Le PAS devrait établir des priorités claires qui soient assumées au niveau le plus haut du gouvernement et largement diffusées. Les enjeux transfrontaliers prioritaires devraient être identifiés, ainsi que les interventions sectorielles (changements de politiques, développement de programmes, réforme de lois, investissements dans le renforcement des capacités, etc.) devant résoudre les problèmes transfrontaliers, ainsi que les mécanismes tant régionaux que nationaux, nécessaires à la mise en œuvre les éléments du PAS.”*

### **1.2 Décharge des sédiments dans le Lac Tanganyika et ses conséquences – propositions de l'étude**

Au commencement du Projet sur la Biodiversité du Lac Tanganyika, les principaux buts de cette étude étaient identifiés comme suit :

- Investigation de la déforestation au sein de la région du bassin du lac et l'effet des changements dans l'utilisation du sol sur le taux du transport des sédiments vers le lac.
- Quantification des sédiments entrant actuellement dans le lac avec indication des variations saisonnières
- Suivre la trace du sort des particules entrant dans le lac (transport vertical et horizontal).
- Une investigation de la nature des particules de sédiments et une considération de l'effet de la géologie du bassin, du climat et de la végétation sur la nature des apports de sédiments.
- Analyser l'impact des sédiments sur la colonne de l'eau, y compris l'effet des sédiments sur les importants paramètres limnologiques qui peuvent influencer les communautés de plancton. Ceci inclura l'impact des sédiments directement sur ces organismes ainsi que le fait d'atteindre une compréhension de la façon dont les communautés de plancton sont impactées.
- Analyser l'impact des sédiments sur l'environnement benthique, l'effet des processus benthiques ainsi que les organismes benthiques. Ceci inclura la prise de petits échantillons de sédiments pour établir la chronologie historique, la fluctuation antérieure et les taux de réductions dans la biodiversité.
- Examiner les effets à long terme (et peut-être croissants) des taux de l'apport de sédiments vers le lac et examiner son impact probable.

Le premier objectif de l'ESSED était la production de l'examen de base qui a été analysé à la réunion de Début du projet, et les objectifs ont été affinés davantage et redéfinis de manière plus précise comme

suit :

- Donner une vue plus étendue (en utilisant la télédétection à basse résolution) des changements de végétation dans le bassin du Lac Tanganyika et leurs effets probables sur l'apport de sédiments dans le lac.
- Produire l'imagerie à haute résolution des zones de signification spéciale (identifiées pendant les études préliminaires des contributions riveraines) pour l'analyse des séries de temps.
- Améliorer et/ou introduire le jaugeage des rivières dans un nombre d'endroits spécifiques en vue de comprendre la quantité et la saisonnalité de l'apport des sédiments.
- Considération de l'hydrologie de côte proche pour comprendre le sort des sédiments entrant dans le lac.
- Analyse de la nature physico-chimique des sédiments (qui peut varier dans le temps ou entre bassins).
- Examiner les processus limnologiques (flux de nutriments et lumière) près de la côte et l'effet des hautes charges de sédiments sur ces processus.
- Exécuter une étude complète dans tout le lac (évaluation rapide) des sédiments (échantillonnage peu profond). Ceci résultera en cartes de types de sédiments, estimations du taux des changements de l'apport de sédiments, une mesure de l'ampleur de l'influence des apports des principales rivières et cartes de la diversité des organismes benthiques.
- Examiner le rôle des importants marais du bassin dans une tentative de prédire l'impact de leur probable destruction sur la charge des sédiments des rivières affluentes.
- Comprendre l'effet des hautes charges de sédiments sur la structure trophique de l'environnement littoral. Ceci inclura les effets sur la production (y compris la production primaire des algues et des bactéries), les populations des organismes ainsi que les impacts sur le comportement, l'alimentation et la croissance de ces organismes. Ceci permettra une compréhension de comment l'apport accru de sédiments affecte l'écosystème et, par conséquent, la diversité biologique.

### **1.3 L'Analyse Diagnostique Transfrontalière**

Une partie préliminaire du développement de ce Programme d'Action Stratégique a été la réunion sur l'Analyse Diagnostique Transfrontalière (ADT) du PBLT organisée en novembre 1998. Dans cette réunion, un consensus régional classant par priorités les menaces à la biodiversité du Lac Tanganyika a été atteint. Ce classement dépendait non seulement du niveau de l'impact, mais aussi du fait s'il y avait des interventions de gestion appropriées qui pourraient modifier l'impact et s'il y avait des avantages supplémentaires découlant des interventions de gestion. Ces conclusions sont résumées dans le Tableau 1 bien que des conclusions limitées de l'ESSED aient été disponibles pour les délégués lors de cette réunion parce que beaucoup d'études étaient incomplètes à ce stade.

Tableau 1 Classement en priorités des problèmes – Lutte contre la Sédimentation

<b>Problème spécifique</b>	<b>Rang</b>
Erosion découlant des pratiques agricoles inappropriées	Elevé
Déforestation	Elevé
Etablissements humains mal conçus ou incontrôlés	Moyen
Extraction de sable et autres activités dans les berges des rivières	Moyen
Surpâturage dans les plaines	Moyen
Mauvaise installation ou gestion des mines et carrières	Moyen
Conception ou construction insatisfaisante des routes	Moyen
Erosion provenant des feux de brousse incontrôlés	Petit
Mines et carrières potentiels	Petit

Ces problèmes spécifiques qui ont le score 'Haut' classement dans l'ADT ont été élaborés davantage dans les Tableaux 2 et 3.

**Tableau 2 Réduction/Lutte contre l'érosion découlant des pratiques agricoles inappropriées**

Action de gestion	Commentaires
<i>Gravité du problème :</i>	<i>le problème est considéré grave parce que l'impact cumulatif des mauvaises pratiques agricoles forme la majeure source d'érosion, y compris celles qui déversent les sédiments dans les fragiles écosystèmes du lac.</i>
<i>Faisabilité des solutions</i>	<i>le problème n'est pas facile à résoudre, à cause de son ampleur, du grand nombre des agriculteurs concernés et des contraintes auxquelles ils sont confrontés. Cependant, les solutions techniques sont bien connues et les efforts sont en cours et les stratégies d'interventions s'améliorent sur base des expériences précédentes. Malgré l'ampleur du problème, les interventions peuvent être concentrées selon les deux critères de la viabilité de l'agriculture et de la protection du lac.</i>
<i>Avantages supplémentaires</i>	<i>Avantages sociaux et économiques provenant d'un développement agricole durable, la réduction de la perte de fertilité et la réduction du besoin d'engrais associé.</i>

**Table 3 Réduction/lutte contre la déforestation**

Action de gestion	Commentaires
<i>Gravité du problème</i>	<i>La déforestation, y compris la déforestation diffuse, grandement associée à l'expansion agricole, est une cause primaire d'érosion accélérée. Le problème est jugé particulièrement grave dans les réserves forestières classées comme forêts protégées, sur base de leur valeur de protection du bassin. Le problème couvre le défrichage agricole, la destruction des boisements par les feux de brousse, l'exploitation du bois (en particulier pour le charbon et, en Tanzanie, pour le fumage du tabac).</i>
<i>Faisabilité des solutions</i>	<i>le problème difficile à résoudre, mais des réponses multiples sont connues, et sont mises en œuvre au niveau local. Un climat social favorable existe dans au moins une partie de la région et malgré l'ampleur du problème, il est possible de concentrer les efforts sur les régions les plus critiques.</i>
<i>Avantages supplémentaires</i>	<i>une lutte contre la déforestation et des actions en faveur de l'agroforesterie conduiraient à des avantages évidents en termes de production de bois et d'autres produits, de conservation du sol, du contrôle de l'eau et de la conservation de la biodiversité de la forêt (y compris les espèces endémiques régionales).</i>

## **Autres**

Les participants de l'ESSED ont été encouragés à examiner les questions de gestion à la lumière de leurs conclusions comme parti de leur questionnaire signalé ici (voir section 2.2 pour la description du questionnaire). Ils ont été encouragés à examiner les Tables au-dessus produites par l'ADT mais ont également été demandés d'examiner toute autre question qu'ils ont jugée appropriée dont celles qui ont reçu les petites priorités dans le Tableau 1 ou les autres questions non couvertes du tout.

## **2. METHODOLOGIE POUR L'ESSED**

### **2.1 Introduction**

La méthodologie choisie pour réaliser l'ESSED a compté sur l'identification des équipes pour conduire les aspects du travail sur base de leur expertise particulière et dans certains cas la responsabilité institutionnelle. Le travail effectué, et le principal personnel impliqué sont listés en bas dans l'Annexe 1. Cette stratégie a été acceptée à la réunion de Début du projet où les lacunes dans les connaissances ont été discutées et les lacunes sur lesquelles la recherche pouvait être faite ont été identifiées. Ceci a résulté, cependant, en différentes activités se déroulant dans différents endroits jusqu'à un point et l'ESSED devait compter sur la communication de ces résultats dans toute la région et évaluant comment les conclusions d'une région étaient transférables à une autre.

Une des questions claires soulevées dans l'Examen de Base de l'Etude et la réunion de Début était la pénurie des données des observations à long terme sur les liens entre le lac et le bassin (principalement le débit des rivières et la charge). Celles-ci sont des données qui donneraient des indications de l'impact de la sédimentation sur le lac et si la situation qui existe actuellement a été déjà affectée par des changements induits par l'homme (en distinguant les impacts naturels et ceux provoqués par l'homme). Ces mesures sont nettement nécessaires pour évaluer si la menace existe actuellement.

Par conséquent, une activité clé qui a été initiée par l'ESSED était la mise en place ou la restauration des stations de jaugeage des rivières dans un nombre d'emplacements clé du bassin et celles-ci avant l'intention de, pas seulement fournir des données pour le projet lui-même, mais avaient aussi été identifiées (tôt dans le projet) comme une des zones clé où de futures activités des observations seraient exigées. Les conclusions de l'ESSED ne nous ont pas fait changer cette vue (voir section sur les observations en dessous).

### **2.2 Rapports et questionnaire**

Le principal résultat de l'ESSED sera une série de rapports techniques (dont certains ont déjà été achevés). Ceux-ci formeront les documents de base, avec les examens de base, qui soutiendront les conclusions techniques de l'ESSED. Les conclusions signalées ici sont en partie une synthèse de ces documents techniques déjà produits ; plus important, un questionnaire a été envoyé à tous les participants dans l'ESSED qui les a spécifiquement guidés pour examiner leurs conclusions à la lumière des priorités établies par le processus du PAS (voir au-dessus). Les résultats de celles-ci sont résumés ci-dessous et ont l'intention de former un consensus de l'expertise mise ensemble pour réaliser cette Etude Spécialisée. Ceci peut encore être sujet au changement avec l'addition d'une plus large circulation des résultats de l'étude. Il est escompté que ce rapport peut former un outil puissant en dirigeant le PAS pour le Lac Tanganyika dans l'avenir. Ceci sera davantage résolu lorsque tous les rapports auront été achevés et tous les participants dans l'ESSED (et dans les autres études spécialisées) auront été capables de voir tous les rapports.

## **3. PRINCIPAUX RESULTATS DE L'ESSED**

Les résultats sur les groupes individuels figurant à l'Annexe 1 sont complexes et demandent une interprétation attentive. En plus, certaines études ne sont pas encore achevées et les résultats sont provisoires à cette étape. Cependant, quelques facteurs clé émergent et ceux-ci sont résumés ici.

### 3.1 Gravité de l'impact

En résumé, la gravité (menace à la biodiversité) du problème de l'apport des solides en suspension au lac est jugé élevée. Ceci est le consensus de ceux qui travaillent dans l'étude spécialisée ainsi que de ceux qui constituent le panel technique à l'ADT. Il pourrait être difficile d'établir si les sédiments accrus ou les nutriments accrus forment la plus grande menace unique au lac, mais comme ceux-ci sont étroitement liés, ils ne peuvent pas nécessairement être isolés.

Même sans les preuves présentées ici (en utilisant le principe de précaution) il semblerait clair que des efforts devraient être fournis pour réduire l'apport des sédiments dans le lac. Le Lac Victoria constitue un exemple de comment un grand lac peut changer rapidement – Le Lac Tanganyika avec son plus grand volume et moins de populations riveraines peut ne pas avoir encore vu des changements dramatiques, bien que clairement l'équilibre entre le lac et le bassin ait changé dans les 50 dernières années ou plus et la nature virginale du lac est sous menace. **Les participants de l'ESSED acceptent que les changements dans l'utilisation du sol et l'augmentation de l'écoulement des matières en suspension (et l'augmentation simultanée de l'écoulement des importants nutriments de plantes) est une menace très réelle tant à la biodiversité du lac qu'à la durabilité des modes de vie qui dépendent de la production du lac.**

Le fait de réduire le transport des sédiments et des nutriments vers le lac a un autre net avantage car ils représentent une perte importante à la fois du sol et de la fertilité pour les systèmes agricoles du bassin. Dans ce sens, ce qui arrive dans le lac peut refléter une plus grande tragédie humaine car la production agricole dans le bassin du lac est compromise. Les observations du lac par conséquent a un double avantage car il est le destinataire de ces pertes terrestres et par conséquent il ne subit pas seulement la menace à son unique biodiversité mais il agit aussi comme un baromètre des activités dans le bassin.

En plus, les mêmes facteurs qui causent les augmentations dans la sédimentation peuvent aussi résulter e inondations accrues pendant les pluies et ceci peut être une autre question de gestion importante.

### 3.2 Conclusions résumées de l'ESSED

Ce résumé combine les conclusions de tous les participants dans l'ESSED (Annexe 1)

- Il y a de fortes preuves de grandes augmentations de solides en suspension entrant dans le lac par comparaison aux taux d'apports dans l'histoire
- Il est clair que ceci est causé par une combinaison de déblaiements des boisements et des pratiques agricoles effectuées dans le bassin
- Il y a de fortes preuves que l'accroissement des apports de sédiments est en corrélation avec un accroissement des apports de nutriments et de matières organiques au lac bien que les signes d'eutrophisation soient limités
- Il y a quelques facteurs complexes qui affectent la distribution des sédiments dans le lac. Ce sont probablement les bassins de taille moyenne (et leurs zones deltaïques) qui sont particulièrement vulnérables à l'endommagement de leur biodiversité
- Les distances sur lesquelles les sédiments sont transportés sont influencées par la saison et la topographie du rivage proche de l'embouchure des rivières.
- Ces facteurs ont évidemment une forte composante régionale. Les plus grands bassins hydrographiques, particulièrement ceux qui déversent leurs eaux sur des sols à pentes relativement douces peuvent être les plus à risque.
- Il y a une pénurie de données des observations à long terme qui auraient pu être utilisées pour surveiller les changements de la dynamique des sédiments en suspension. Des mesures récentes ont quantifié l'apport des sédiments en suspension pour un nombre de rivières et il est senti essentiel que cette observation puisse continuer comme une partie du travail régulier de l'institution nationale appropriée dans tous les quatre pays

- Le taux actuel de l'afflux de sédiments se trouve bien au-dessus des niveaux historiques et est susceptible d'augmenter si la déforestation n'est pas arrêtée et/ou des mesures plus efficaces de conservation du sol ne sont pas initiées.
- Le travail de ce projet et le travail décrit dans la documentation suggère que la diversité dans une région particulière proche de la côte du lac est en corrélation négative avec l'apport des sédiments et il a par conséquent eu un rôle en dictant la distribution des organismes sur une longue période.
- Il est clair que les augmentations récentes dans les charges des sédiments en suspension ont conduit à une réduction dans la distribution des habitats plus diversifiés (surface rocheuse) ainsi que la réduction directe de la diversité.

### 3.3 Liens avec les autres études spécialisées

Ce rapport résume seulement les conclusions de l'ESSED bien qu'il y ait beaucoup de choses écrites ici sur les autres dimensions de tout le projet et le recouvrement avec les autres études spécialisées. La sélection des sites et les programmes d'échantillonnage coordonnés ont avancé tout au long du projet et l'un des objectifs clés pendant les 6 mois restants du projet est de rassembler les données (et ceux qui sont responsables de leur collecte et de leur interprétation) pour permettre aux thèmes réels et aux priorités pour la gestion du Lac Tanganyika d'être compris.

## 4. OBSERVATION ET FUTURE RECHERCHE RECOMMANDEES

Le questionnaire (Section 2.2) a posé la question suivante concernant le futur travail – le résumé ci-dessous est une vue consensuelle.

*Ce que nous renseigne votre travail, ce sont les priorités pour les observations et les recherches futures concernant l'impact de la sédimentation sur le lac. J'ai subdivisé cette section en priorités élevées, moyennes et petites pour prendre en compte les différents niveaux du financement qui serait disponible dans l'avenir. La petite priorité peut être regardée comme un travail important mais imaginez que c'est quelque chose qui devrait seulement être considérée si l'autre travail de plus grande priorité est déjà en place.*

La différence entre la recherche et les observations est simplement que le travail des observations devrait être mené indéfiniment et par conséquent ces programmes doivent distinguer les priorités à la lumière des limites du budget récurrent. La recherche indique la nécessité d'établir d'importantes réponses qui sont nécessaires pour atteindre une plus grande compréhension des liens complexes entre l'apport des sédiments au lac et les autres facteurs physiques et biologiques. Evidemment un recouvrement entre les deux existe et le niveau de priorité donné ci-dessous est un consensus de tous les participants dans le projet et sont un compromis entre les différents participants qui voient les priorités de manière différente. Certains commentaires des sites spécifiques ont été enlevés puisqu'il y a une bonne part de chevauchement, dans l'étude ils s'appliquent souvent plus largement que dans les emplacements spécifiques avec lesquels les répondants peuvent être plus familiers.

### 4.1 Observation

#### *Haute priorité*

La plupart des commentaires dans cette section se réfèrent à la continuation du (et l'addition à) réseau des observations des rivières mis en place par le projet. La plupart des participants considèrent la valeur des observations régulières des rivières et reconnaissent l'inadéquation des données qui étaient disponibles avant le projet. Le réseau établi par le projet (19 stations de jaugeage) peut être considéré comme un minimum et la plupart reconnaissent qu'un système beaucoup plus répandu des observations des rivières serait approprié pour gagner une compréhension des questions hydrologiques dans le bassin du lac ainsi que pour gagner de plus grandes découvertes dans l'érosion (causes et ampleur) affectant le bassin. Ce programme des observations est la clé à l'établissement de tendances à long terme. Les autres commentaires dans cette section notent l'exigence clé de maintenir les infrastructures pour gérer ce programme des observations (et toutes les activités de recherche associées).

- Continuer à mesurer l'écoulement et les niveaux de l'eau sur les rivières étudiées et le lac – ceci devrait être mené par l'institution gouvernementale appropriée et le réseau revu et peut-être étendu
- Détermination de la concentration des sédiments en suspension sur les stations d'étude choisies
- Détermination des solides dissous des stations d'étude choisies y compris les nutriments clés qui indiquent la fertilité (N, P et Si)
- Identification et classification en haut, moyen et petit – rivages à risque (en tenant compte de l'apport potentiel de sédiments) autour du lac. Ceci devrait aussi subdiviser les modèles d'utilisation du sol en usages relativement discrets pour que la gestion puisse être plus efficace (ex déforestation, agriculture, centres pour activités de pêche, etc.)
- Des efforts devraient être fournis pour harmoniser les méthodologies pour tout le travail des observations futures afin d'améliorer la capacité des différentes équipes à comparer les résultats
- L'évaluation périodique (1-3 par an) de l'implication et de la capacité des institutions locales à mener les programmes des observations et l'instigation d'un programme pour améliorer cette capacité là où elle est requise.
- Formation continue du personnel clé dans les méthodologies
- Maintenance des infrastructures (ex bateaux et facilités de base des labos) pour permettre les activités des observations et de recherche. L'utilisation des autres institutions (écoles, etc.) dans le travail des observations devrait être explorée.
- Les chiffres clé de l'équilibre de l'eau pour le lac comme un tout ne sont pas disponibles. L'observation plus détaillée de la pluviosité, l'évaporation, le niveau de l'eau, les affluences et les sorties amélioreraient cette situation (certains ont été initiés par le projet). Si la sécurité le permet, l'établissement d'une station de jaugeage à la seule sortie (Lukuga en RDC) devrait être une haute priorité.

#### ***Moyenne priorité***

- Charge atmosphérique de l'ES ; il est suggéré que deux stations d'observation, une au Nord et l'autre au Sud pour évaluer la charge atmosphérique (des particules de poussière et des nutriments clés) soient établies.
- Faire les cartes des plumes de sédiments et de l'ampleur des sédiments près des embouchures des rivières. Ceci pourrait être via la télédétection et les echo-signaux. Ceci se ferait plus utilement avant et après les pluies.
- Application du modèle d'érosion et son usage régulier (voir ci-dessous pour les exigences supplémentaires de recherche pour ce travail).

#### ***Petite priorité***

- Etudes écologiques sur le biote animal et sa réaction aux charges croissantes des sédiments. Ceci pourrait impliquer les études de terrain et de laboratoire des "modèles" d'organismes.
- La mesure régulière de la productivité primaire benthique, des sédiments en suspension et installés, et la biomasse des algues aux sites de différents niveaux d'impact.
- Détection des Plumes – estimer les apports de sédiments dans le lac en détectant directement les plumes des sédiments dans le lac par l'utilisation de l'imagerie satellite. Nos investigations indiquent que ceci a un potentiel significatif mais une recherche ultérieure est nécessaire (voir ci-dessous).
- Initier une ou plusieurs stations fixes pour faire des profils verticaux afin d'évaluer la variabilité verticale et améliorer par conséquent les modèles de circulation dans le lac
- Etablir un système d'observation des pièges à sédiments comme partie du programme

d'observations en cours de l'écoulement des sédiments aux stations choisies (ceci pourrait être inclus comme recherche car il est improbable qu'il soit un programme à long terme qui pourrait être réalisé avec des ressources limitées)

## 4.2 Recherche

### *Haute priorité*

- Obtenir les informations détaillées sur le taux de sédimentation à travers un petit nombre de deltas visés, pour permettre les efforts de modélisation significatifs pour lier les jeux de données sur les taux de sédimentation du lac au flux hydrologique des sédiments.
- Entreprendre des études botaniques et l'analyse des échantillons superficiels du pollen dans les bassins hydrologiques cibles afin d'interpréter entièrement les données palynologiques que nous avons acquises.
- Investiguer davantage la chimie complexe par laquelle les sédiments en suspension agissent comme transporteurs de polluants et de nutriments (particulièrement N & P) dans le lac. Ceci peut permettre d'obtenir les données de substitut pour les apports de nutriments de l'observation de la totalité des solides en suspension dans les rivières.
- Initier un programme d'études minéralogiques et chimiques (y compris l'analyse des isotopes) des sédiments pour comprendre leur source, le comportement et les impacts éventuels. Ceci pourrait être un outil puissant pour discriminer les flux proportionnés des boues des différentes sources de rivières.

### *Priorité moyenne*

- Développement continu du modèle d'érosion conduisant à son application régulière. Ceci inclurait la validation des résultats de l'érosion et du modèle de l'acheminement contre les données de l'écoulement existant et de la charge de sédiments et des améliorations dans par exemple le modèle d'acheminement et l'estimation de la pluviosité. A cause des limites fournies par la résolution grossière du modèle, il serait utilisé plus efficacement s'il formait une partie d'un progiciel de modélisation plus complexe et multi-échelle. Une investigation initiale multi-échelle d'un secteur identifié comme érodant de manière significative est le premier stade dans le développement de ce processus et celui que nous recommandons.
- Etablir un modèle numérique de la qualité de l'eau pour le lac, centré sur l'hydrodynamique de l'équilibre de masse des nutriments et des polluants.
- Améliorer les connaissances sur la bathymétrie du lac, particulièrement dans les régions deltaïques, en vue de mieux comprendre les modèles du transport des sédiments et la dispersion des affluents.
- Commencer les analyses de gradients des sédiments et des distributions benthiques des invertébrés en travers des deltas cible pour clarifier la portée à laquelle l'accumulation de ces indicateurs reflète la distribution ou le transport originaux et développer les fonctions de transfert pour mettre en rapport les impacts avec les réactions biotiques subséquentes.
- Investiguer davantage l'hypothèse de l'érosion climatique du sol déclencheur avancée dans cette étude en regardant les autres systèmes de rivières pour un événement de 1961 (voir les conclusions du groupe paléolimnologique dans l'Annexe 1). Ceci peut aussi être avancé par l'analyse des photographies répétées de sites de deltas bien localisés, et l'analyse secondaire des matériaux échantillons ayant des traceurs géochronologiques à haute précision plutôt que  $^{210}\text{Pb}$ .
- Observer jusqu'à quelle ampleur les secteurs des marais environnants agissent comme un évier des sédiments et des polluants
- Recherche pour permettre l'identification directe des conditions donnant naissance à l'enfoncement/flottaison des plumes et pour la conversion des images satellite aux estimations de la concentration effective des sédiments en suspension dans la plume. Une combinaison de la collecte des données *in situ* et satellite et l'intercalibrage sera nécessaire.
- Investiguer la mobilisation des profonds sédiments sous les conditions extrêmes.

### *Petite priorité*

- Examiner la complexité des constituants sédimentaires avec les Fe-oxides; les eaux interstitielles peuvent être très hautes dans le Fe réduit ; regardez comment cette complexation affecte la livraison et la disponibilité de tels nutriments comme PO<sub>4</sub> aux organismes benthiques
- Effectuer une étude écologique des diatomées benthiques, puisque plus de données de plus de sites peuvent permettre l'identification des assemblages des communautés benthiques qui indiquent un déclin dans la santé de l'écosystème aquatique
- Investiguer la distribution des feux dans le bassin et comprendre jusqu'à quelle ampleur l'éruption des feux renforce les taux de sédimentation

## 5. ACTIONS DE GESTION

### 5.1 Généralités

Le questionnaire a demandé à tous les participants dans l'ESSED d'examiner quels résultats de leur étude pourraient annoncer les actions de gestion. Le résultat de l'ADT en ce qui concerne les questions de sédimentation issues a été offert pour assister cela (c.à.d. Tableaux 1, 2 et 3). Un encouragement a été donné pour examiner toute autre question de gestion 'autres' dans Section 1.3). Cette section examine les problèmes généraux et ensuite examine les options spécifiques pour amélioration. Il devrait être souligné encore une fois que ceci est une situation **gagnant-gagnant** où la perte du sol et de la fertilité est une menace importante à l'agriculture et cause aussi l'endommagement en aval au lac.

Comme action de gestion, il est clair que des pratiques agricoles plus viables doivent être mises en œuvre là où possible. La haute érosion semble se produire avant tout à cause du défrichement pour cultiver. L'érosion peut être assez grave jusqu'à exposer le soubassement dans certains cas. Certaines des méthodes pour réduire l'érosion des secteurs sous culture sont listées ci-dessous.

La déforestation est étroitement associée avec le problème d'agriculture. Les avantages de la plantation d'arbres peuvent être nombreux, y compris, et la rétention du sol. A part la réduction de l'érosion, la plantation d'arbres a aussi beaucoup d'avantages supplémentaires longtemps reconnus par les agronomes y compris la fourniture durable du bois (principalement pour le bois de chauffage et les matériaux de construction), l'ombre, la production des fruits et l'utilisation des plates légumineuses qui peuvent servir d'alternatives aux engrais (qui peuvent en fin de compte s'ajouter au fardeau des nutriments du lac). Les programmes de plantation d'arbres pourraient se concentrer sur les arbres pour ombre et fruits dans les zones entourant les maisons. Les arbres natifs pourraient être plantés sur les pentes plus graves et ces zones probablement désignées comme réserves forestières. Une menace supplémentaire créée par l'enlèvement de la végétation est le potentiel accru pour les inondations soudaines et les glissements du sol qui forment un danger pour la vie et la propriété.

Les autres questions à aborder incluent les apports accrus des centres de populations. Ceci inclut l'érosion des sédiments provenant des secteurs défrichés pour la construction, la dénudation des berges des rivières, etc., mais est aussi concernée par les apports en nutriments. Ceux-ci peuvent être sous forme de matières organiques terrestres, dont la désintégration peut réduire les concentrations en oxygène. Certaines de ces matières organiques peuvent être dues à une érosion accrue des matières organiques du sol, mais les preuves suggèrent que certains d'entre eux sont sous forme d'eaux usées (voir note de recherche additionnelle ci-dessous). Le développement de l'évacuation hygiénique des déchets serait un grand avantage tant pour les communautés locales que pour le lac. L'utilisation des amoncellements du compost communautaire peut être pratique tant pour le dépôt des déchets des déchets alimentaires organiques que pour la fertilisation du sol, particulièrement dans les secteurs de hautes densités de population.

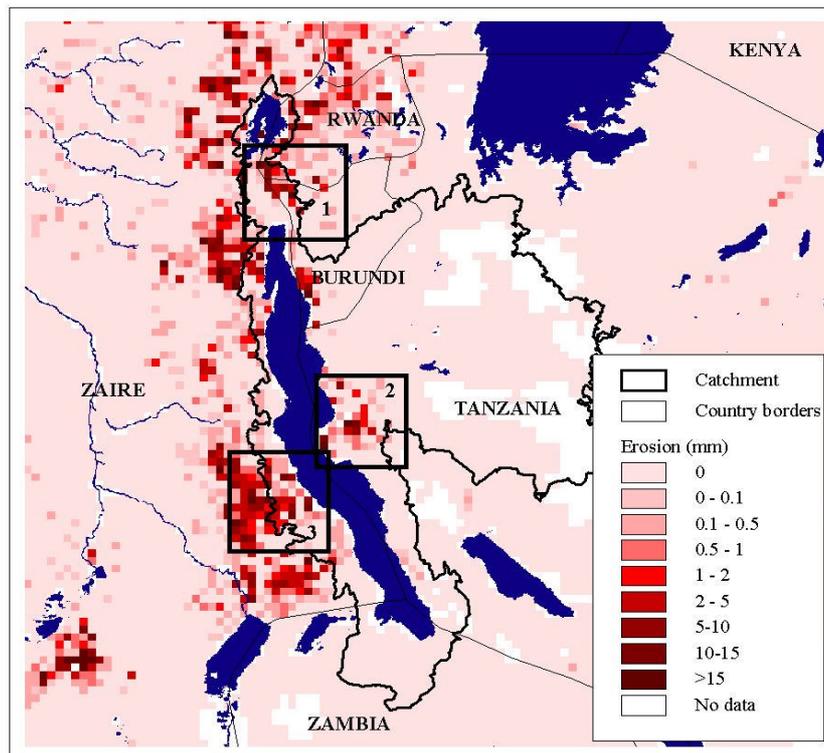
Les feux sont une autre question qui contribue à la déforestation et à l'érosion accrue. Par occasions, le brûlage des prairies peut se produire dans le seul but de maintenir un monopole dans la production des herbes (pour les toits en chaume) ou la lutte contre les insectes nuisibles. Plus de travaux doivent être effectués pour déterminer les raisons de la plupart des feux qui se produisent et l'éducation et les alternatives doivent être fournis.

Des mesures pour contrôler le taux d'érosion et de déforestation doivent nettement être appliquées.

L'étude de modélisation (voir Annexe 1) a provisoirement identifié trois régions générales où ces mesures de contrôle apparaissent être particulièrement garanties – l'Est du Burundi, l'Ouest de la Tanzanie et le Sud-Est de la République Démocratique du Congo (Figure 1). Ces mêmes secteurs ont été montrés par les travaux paléolimnologiques (Annexe 1) comme zones de haut risque de sédimentation combinée (bassins hydrologiques actuellement non affectés ou légèrement affectés, avec des pentes sur grandes et basses zones vers le large) et sont particulièrement susceptibles de montrer une rapide dégradation suivant les futurs impacts et sont probablement plus facilement réglementés par des actions de gestion solides des bassins hydrographiques que ne le sont les secteurs qui ont déjà été gravement dégradés. Ils sont aussi montrés comme étant des zones de haute diversité et prouveraient être des zones de test attractives pour l'établissement des mesures de contrôle de l'érosion avant leur pesante exploitation.

Les participants dans l'ESSED par conséquent acceptent fondamentalement le Tableau 1 formulé par l'ADT classant en priorités les menaces causées par la sédimentation renforcée et les zones dans lesquelles les actions de gestion devraient fonctionner. Evidemment, la plupart des participants dans l'étude spécialisée ont l'expertise dans la compréhension de la dynamique de sédimentation et ses impacts sur le lac plutôt qu'avoir des responsabilités de gestion. Cependant, il y a une compréhension générale de quelles méthodes spécifiques seraient appropriées pour réduire l'érosion, et l'apport accru des sédiments dans le lac, et celles-ci sont listées ici. Il est généralement accepté que la clé de voûte des actions de gestion est *l'éducation sur l'environnement*. Après avoir identifié les problèmes et les avoir classés par priorités, rien ne peut s'améliorer à moins que ces pratiques ne soient stoppées, minimisées ou entreprises dans une façon contrôlée (ex développement des établissements humains). Le message de l'éducation sur l'environnement doit être circulé depuis les gestionnaires aux populations locales qui ne réalisent pas potentiellement les conséquences de leurs actions eu égard à la sédimentation.

Figure 1 Carte indiquant les secteurs de haut risque d'érosion et suggérés comme secteurs où les mesures anti-érosives pourraient être concentrées (de l'étude de modélisation de l'érosion - Annexe 1)



## 5.2 Pratiques spécifiques de gestion

Pratiques spécifiques de gestion qui pourraient être examinées. Celles-ci sont approximativement dans l'ordre d'importance dicté par l'insistance donnée par les répondants au questionnaire.

- Limiter le plus possible l'abattage des arbres et initier un programme de reforestation ; Ceci devrait être entrepris et concentré dans une section en amont du bassin hydrographique où l'érosion maximum se produit normalement et en utilisant les espèces d'arbres appropriées qui ne résultent pas en l'épuisement des ressources d'eau souterraine qui maintiennent les flux d'eau de surface durant la saison sèche.
- Pratiquer la culture en terrasses sur les pentes raides
- Chercher la meilleure utilisation du sol disponible, ce qui signifie la nécessité de sélectionner les pratiques agricoles les plus appropriées selon le climat, le sol et les besoins des êtres humains.
- Réduire ou prévenir la culture sur les berges des rivières où l'érosion peut être grave
- Demander aux activités industrielles (telles que l'extraction de sable ou autres activités dans les lits des rivières) de mener une analyse des impacts et d'appliquer des mesures appropriées si des dégâts potentiels sont perçus
- Légiférer pour un programme requis de reforestation pendant et après le développement industriel
- Trouver des alternatives à la production du charbon de bois qui est une cause majeure de déforestation dans certains secteurs
- Gérer plus attentivement les feux de brousse dans la région
- Protéger les propriétaires des terres et leur offrir des compensations adéquates si les mesures requises les font bénéficier de moins de terre cultivable
- Construire des barrages pour la rétention des sédiments pendant la construction des routes ou dans les autres endroits où l'érosion menace
- Imposer des règlements plus stricts de construction destinés à réduire l'érosion.
- Empêcher la conduite hors-piste

Tout ce qui précède est jugé comme des directives sensibles. Clairement, l'application de ces méthodes de gestion exige soit des règles ou des législations et leur respect soit par convention soit par des politiques justes et équitables. Tous les répondants étaient conscients que la protection des modes de vie de ces gens dépendant de la terre était une priorité clé.

Concernant la situation des réserves d'eau souterraine, les répondants étaient prudents pour faire des recommandations spécifiques, particulièrement sans les résultats des études de la biodiversité, mais ont fait remarquer que la protection du bassin adjacent était une clé de la protection des environnements proches de la côte.

## 6. AUTRES COMMENTAIRES DES PARTICIPANTS DANS L'ESSED

Quelques autres commentaires notés par les participants dans l'ESSED sont incluses ici – ceux-ci peuvent être des points pertinents qui devraient être examinés par le PAS.

Baucoup de participants dans l'ESSED ont noté que les autres travaux récemment complétés, ou à achever bientôt, feront le complément de leurs propres efforts et permettront à leur propre travail d'être placé dans le contexte plus large du lac et des processus en amont et/ou en aval recherchés par les autres (au sein de l'ESSED ou comme partie des Etudes Spécialisées). Ce niveau suivant d'analyse sera la priorité sur la dernière partie du projet. Il avait été espéré que tous les principaux participants dans l'ESSED auraient pu se réunir pour discuter de leurs conclusions et affiner leurs résultats communs. A cause de contraintes budgétaires, ceci ne sera pas possible. Il y aura cependant une réunion sur 'L'Etat

du Lac' en juillet 2000 où nous espérons que qu'une grande partie des participants se rencontreront et, à ce moment, tous les rapports de l'Etude Spécialisée auront été mis en circulation. Cette réunion aidera dans la formulation d'un programme coopératif pour effectuer les travaux de recherche et suivi qu'ils ont proposé.

Il y avait quelques craintes parmi un nombre de participants dans l'ESSED que le travail de suivi ne fonctionnerait pas bien sans support institutionnel entier et une plus grande provision de financement à long terme en vue de maintenir la capacité institutionnelle et de supporter le coût récurrent de ce travail. Il est clair que les fonds fournis pour le Projet sur le Lac Tanganyika sont capables de générer beaucoup d'activités dans le court terme mais les mécanismes par lesquels certaines de ces activités continueront à être supportées ne sont pas garantis partout dans la région.

Les données collectées pendant le projet devraient être rendues disponibles à tous les participants et c'est un objectif clé du projet que ceci soit en place avant juillet 2000. Il est important qu'au-delà de cette période, l'Organe de Gestion du Lac supporte le partage des informations partout dans la région plutôt que de séparer ceci sur bases nationales.

La valeur du Modèle de Circulation du Lac pour traquer le déversement des hydrocarbures peut être un important outil de gestion dans le futur et ceci est noté ici.

## **7. CONCLUSIONS**

Le consensus général des participants dans l'ESSED est que les problèmes de sédimentation excessive est une menace majeure à la biodiversité du Lac Tanganyika et indique en plus un problème de perte de nutriments du sol dans le bassin. En général, les participants dans l'ESSED ont accepté les menaces et les priorités de gestion dégagées par l'ADT dans le Tableau 1 et ont suggéré des priorités d'observations et des questions de recherche qui pourraient avantager grandement la gestion des ressources naturelles dans l'avenir tant du lac que du bassin.

## ANNEXE 1 Sous-composantes de l'ESSED – objectifs et principales conclusions

Principaux participants dans l'étude contribuant au processus du PAS et leur rôle dans le projet PBLT

Titre provisoire du rapport	Principaux Participants	Principaux objectifs de l'étude	Principales conclusions de l'étude
Hydrologie de la Sédimentation au Burundi	Sebahene, Ntungumburanye, Songore et Nduwayo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluer le volume des sédiments qui entrent dans le lac comme matériaux en suspension en observant six rivières dans la partie Nord et Nord-Est de la côte du bassin du Lac Tanganyika,</li> <li>• Déterminer la taille des particules et les distributions minéralogiques des sédiments des matériaux des lits</li> <li>• Déterminer les caractéristiques physiques et chimiques de l'eau dans ces six rivières.</li> <li>• Evaluer l'impact sur la biodiversité du Lac Tanganyika des apports excessifs de sédiments dus aux activités humaines.</li> <li>• Evaluer l'impact des activités humaines sur les régimes hydrauliques des rivières (en conjonction avec l'Etude Spécialisée de Socioéconomie).</li> </ul>	<p>Le rapport final n'est pas encore produit, mais les résultats suivants sont attendus :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluation de la quantité des sédiments entrant actuellement dans le lac, y compris les variations saisonnières</li> <li>• Le jaugeage des rivières dans certains secteurs spécifiques en vue d'estimer la quantité des sédiments et des variations saisonnières des sédiments dans le Lac.</li> <li>• Evaluation des caractéristiques physiques des sédiments entrant dans le Lac.</li> <li>• Le volume de sédiments directement déversés dans le lac durant les années passées a été estimé à 11.000 tonnes, dont une grande partie a été déversée pendant la saison des pluies (de janvier à avril 1999).</li> </ul>
Jaugeage des rivières dans le Nord de la République Démocratique du Congo	Kakogozo, Kahindo et Mwenyemali  <i>(Ces résultats sont provisoires et concernent seulement 9 mois de travail de terrain)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quantification des sédiments qui entrent actuellement dans le lac y compris les variations saisonnières</li> <li>• Distributions verticales et horizontales des matières en suspension le long de la côte</li> <li>• Initier le jaugeage des rivières dans certaines zones spécifiques en vue d'estimer la quantité des apports de sédiments dans le lac et les variations saisonnières</li> <li>• Découvrir les types de transport des sédiments et les processus de sédimentation dans les embouchures des rivières</li> <li>• Découvrir les distributions de flux dans les rivières et la variabilité avec le temps</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La valeur moyenne des contributions de Kalimabenge : 1.772 m<sup>3</sup>/s, Mulongwe : 2.187 m<sup>3</sup>/s, Kavimvira : 0.580 m<sup>3</sup>/s.</li> <li>• La moyenne des concentrations des matières en suspension des rivières est plus élevée pendant la saison pluvieuse et varie beaucoup d'une rivière à une autre. La valeur va de 65 mg/l à 3197,5 mg/l.</li> <li>• La quantité totale des matières en suspension se déversant dans le lac est très significative durant la saison des pluies. Kalimabenge: 25,299 tonnes / an, Mulongwe : 21,311 tonnes / an, Kavimvira : 18,761 tonnes / an.</li> <li>• Bien que le volume de l'eau déversée par ces rivières soit négligeable comparé au volume total de l'eau du lac, le volume des matières solides qu'elles déversent dans le lac est très significatif.</li> </ul>

Hydrologie des bassins de Gombe	Nkotagu, Rubabwa et Mwambo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Quantifier les taux actuels de sédimentation des bassins hydrologiques de Gombe tant virginaux qu'affectés</li> <li>Caractériser la chimie des eaux naturelles et identifier les niveaux de polluants et de nutriments tel que déversés dans le lac des bassins hydrologiques de Gombe tant virginaux qu'affectés.</li> <li>Etablir le mode de transport de nutriments et de polluants dans le lac</li> <li>Calculer l'équilibre de l'eau dans les bassins hydrologiques de Gombe</li> <li>Dériver un modèle conceptuel pour la gestion du lac Tanganyika</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le bassin hydrographique affecté a un ordre de magnitude supérieur à ce lui de l'environnement virginal dans les taux actuels des sédiments.</li> <li>L'eau souterraine forme environ 70% de l'afflux total des ruisseaux vers le lac.</li> <li>Il est observé que de bas niveaux de nutriments et de polluants chimiques sont actuellement transportés par les ruisseaux se jetant dans le Lac</li> <li>L'eau souterraine joue un rôle dominant dans le mode de transport de nutriments et de polluants chimiques dans le Lac sur bases de long terme.</li> <li>Des nutriments significatifs sont aussi transportés pendant les hautes crues.</li> <li>Des facteurs naturels semblent jouer un rôle décisif en déterminant le caractère chimique de l'eau naturel dans les deux bassins hydrauliques.</li> <li>Les sédiments peuvent être considérés comme le majeur polluant et probablement le transporteur le plus important des polluants qui menace la biodiversité du Lac</li> </ul>
Impact de la sédimentation sur le biote	Irvine, Sinyinza Donahue, Tierney, Verhayen, Syapila	<ul style="list-style-type: none"> <li>L'observation des embouchures des rivières Lunzua, Kalambo et autres (ex Lufubu) en relation avec les modèles de distribution des sédiments.</li> <li>Expériences de terrain pour établir la recolonisation des substrats rocheux suivant la perturbation par les sédiments</li> <li>Etablissement de facilités d'aquariums et mesurage des traits historiques de la vie des invertébrés lorsqu'ils sont sujets à des charges variées de sédiments.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Des analyses supplémentaires sont nécessaires. La fin de ce travail est prévue pour mars 2000. L'observation mensuelle de la région du lac par delà les embouchures des rivières Kalambo et Lunzua a été en cours depuis janvier 1999.</li> <li>Sur recolonisation un impact négatif des sédiments des populations de gastéropodes été démontré. Les résultats pour les populations de poissons de la première expérience ont été rassemblés, mais l'interprétation complète est toujours attendue.</li> <li>Le travail d'aquarium reste encore à faire. Cette installation, avec quelques expériences, sera terminée en janvier 2000</li> </ul>
Impact de la Sédimentation sur la production primaire	O'Reilly	<ul style="list-style-type: none"> <li>Comparer ce qui suit dans les bassins hydrologiques affectés et forestiers : production primaire nette, respiration, biomasse des algues, disponibilité de lumière, matériaux inorganiques fixés sur la surface rocheuse</li> <li>Examiner la variation saisonnière dans la productivité primaire benthique.</li> <li>Examiner l'effet de la remontée des eaux sur la</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La productivité benthique nette ne diffère pas significativement entre le bassin boisé et le bassin déboisé.</li> <li>La respiration benthique est significativement plus élevée au bassin affecté.</li> <li>Il y a significativement de plus grandes quantités de matériaux inorganiques sur les roches au site affecté.</li> <li>La biomasse des algues est significativement plus élevée au site affecté.</li> <li>Il y a significativement moins d'oxygène dans l'eau au site affecté.</li> </ul>

		productivité primaire benthique.	<ul style="list-style-type: none"><li>• La variation saisonnière dans la productivité nette et la respiration n'est pas significative dans les sites de la région de Kigoma mais sont significatives au site de Mpulungu.</li></ul>
--	--	----------------------------------	---

<p>Investigations paléolimnologiques</p>	<p>Cohen, Palacios-Fest, Dettman, Livingstone, Lezzar, Msaky, McGill, Scholz et McKee</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modèles des documents des changements historiques dans les taux de sédimentation et leurs relations aux changements probables dans la couverture forestière des bassins et/ou pratiques agricoles par l'investigation paléolimnologique des sédiments du lac aux sites d'étude.</li> <li>• Déterminer le début des changements significatifs dans la sédimentation et indicateurs de la condition du bassin dans les régions du Lac Tanganyika avec la population humaine moderne variée, et les mettre en rapport avec les changements enregistrés au niveau paléolimnologique, là où possible, aux enregistrements historiques.</li> <li>• Comprendre l'inter-rôle entre les facteurs climatiques et les changements causés anthropogéniquement dans le style et le taux de sédimentation, particulièrement durant les intervalles de rapide changement.</li> <li>• Identifier des relations probables entre les changements du taux de sédimentation ou de la qualité de l'apport des sédiments et le changement écologique du lac sur la période d'étude, en utilisant une fois de plus les méthodes paléolimnologiques.</li> <li>• Identifier les régions ou les types de bassins dont les régions deltaïques ont été particulièrement sensibles aux changements liés à la déforestation en charges de sédiments pendant ces quelques derniers siècles.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beaucoup d'échantillons montrent des augmentations du pollen des arbres et des spores de fougères aux dépens du pollen des herbes au cours des quelques derniers siècles. Nous interprétons cette conclusion surprenante comme le résultat probable de la conversion des paysages de basse élévation des prairies/boisements mixtes à l'utilisation du sol pour l'agriculture de subsistance.</li> <li>• Les taux accrus de sédimentation dans plusieurs de nos sites d'étude (3x plus accrus à certains sites Tanzaniens et jusqu'à 9x dans le Nord du Burundi) et les changements correspondants dans la composition chargée et la signature isotopique stable des sédiments est plus probablement un résultat de l'écoulement hydrologique accru et des taux d'érosion sur un paysage progressivement déboisé.</li> <li>• Ces changements sont prouvés dans les parties nordiques du lac avant le 20<sup>ème</sup> siècle, bien qu'une majeure accélération des changements date de 1961 ou à peu près liés au fait que la haute pluviosité déclenche une augmentation de l'érosion</li> <li>• Les communautés d'invertébrés (spécialement les crustacés ostracodes) et leur registre de fossiles dans le Lac Tanganyika ont réagi à ces changements de façons complexes. Sous les régimes où la perturbation est très élevée et l'apport total des sédiments est en augmentation, la diversité est invariablement basse, et les communautés sont dominées par des espèces tolérant la charge des sédiments.</li> <li>• Pris comme un tout, les résultats suggèrent que la susceptibilité des écosystèmes (littoral, sous-littoral et de profondeur) du Lac Tanganyika pour guider les impacts de sédimentation varie, en fonction de la nature de l'hydrologie de l'arrière-pays et des conditions de la pente sous l'eau. Les plus larges bassins, en particulier ceux qui s'écoulent sur les niveaux du lac relativement doux, ex ceux étudiés dans le Nord du Burundi, sont à très grand risque.</li> </ul>
--	---	--	---

<p>Etudes au sonar side-scan et échosondeur du bout Sud du Lac Tanganyika</p>	<p>Duck, Wewetzer, Sinyinza et Syapila</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Etude au sonar side-scan de Musende Bay entre la Station du PBLT et Kasakalawe Point, avec un programme d'échantillonnage des sédiments du fonds pour aider à l'interprétation des sonographes.</li> <li>• Etude bathymétrique de Musende Bay pour augmenter l'étude au sonar side-scan.</li> <li>• Etude bathymétrique du delta de la Rivière Lunzua, avec un programme d'échantillonnage des sédiments du fond.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La relative simplicité de la bathymétrie de Musende Bay à grande échelle mais sa complexité à petite échelle.</li> <li>• La découverte, en utilisant le sonar side-scan, d'une suite de terrasses côtières parallèles sous l'eau, qui peuvent être liés à de bas supports du lac antérieurs et datés.</li> <li>• La possible existence de micro-habitats dans les 'échelons' et les 'contremarches' des terrasses près de la côte.</li> <li>• L'imagerie acoustique des zones inégales des types de sédiments, les zones typiquement indicatives des variations du contenu des coquilles des mollusques morts et des mollusques vivants. Ceci coïncide avec les conclusions générales de Coulter qui a écrit que les gastéropodes et les bivalves du lac tendent à être localisés dans des habitats optimaux et que leurs distributions tendent à être 'inégaux'</li> <li>• L'observation des jeux d'ondulations des vagues près de la côte interférents indicatifs des mouvements des sables mobiles par les vents soufflant surtout du Nord-Est et de façon moindre à partir du Nord-Ouest.</li> <li>• La carte bathymétrique produite pour les deltas de Lunzua révèle qu'elle a une simple morphologie principalement caractérisée par des pentes de moins de 0,5°. La vaste étagère plane est indicative d'une large zone d'accumulation de sédiments.</li> <li>• L'absence des canaux de distribution dans le Delta de Lunzua.</li> </ul>
<p>Analyse et résultats des activités de l'écoulement et de l'étude de sédiments dans le bassin Sud du Lac Tanganyika, Zambie, Zambie</p>	<p>Sichingabula et Sikazwe</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mettre en place six nouvelles stations pour l'observation de l'écoulement, du niveau de l'eau et des sédiments dans le bassin Sud du Lac Tanganyika</li> <li>• Déterminer les caractéristiques physiques et chimiques des ruisseaux se jetant dans le lac</li> <li>• Déterminer la distribution de la taille des particules des sédiments des matériaux des lits près des embouchures de cinq bassins d'étude</li> <li>• Evaluer la capacité des populations locales à contribuer positivement au projet et être impliquées dans le programme</li> <li>• Evaluer l'impact des activités humaines sur les</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les débits moyens des rivières étudiées sont apparus se trouver entre 1,43 m<sup>3</sup>/s dans Izi River et 98,6 m<sup>3</sup>/s dans Lufubu River</li> <li>• La moyenne 'annuelle' des sédiments clastiques en suspension déposés dans le Lac Tanganyika par les rivières étudiées est apparue se trouver entre 1,25 tonnes dans Izi River et 208,8 tonnes dans Lufubu River</li> <li>• Le volume total du débit s'écoulant vers le Lac Tanganyika par rivière étudiée dans la période d'étude est apparue se trouver entre 31,4 million m<sup>3</sup>/an pour Izi River et 2,2 milliards m<sup>3</sup>/an pour Lufubu River</li> <li>• Le volume total de sédiments suspendus déposés dans le Lac Tanganyika par les rivières étudiées est apparue se trouver entre 318,2 tonnes/an pour Izi River et 53.818 tonnes/an de Lufubu River</li> <li>• Les niveaux de l'eau du Lac Tanganyika variaient 2,0 m au cours de la</li> </ul>

		régimes hydrologiques et les autres aspects y relatifs des ruisseaux d'étude	période étudiée et 11,0 m au cours de la période entre 1957-1992 pour laquelle l'archivage des données est disponible.
--	--	--	--

<p>Modélisation de l'érosion du sol dans le bassin du lac Tanganyika</p>	<p>Drake, Wooster, Symeonakis et Zhang</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mettre en œuvre un modèle d'érosion du sol à échelle régionale du bassin du lac Tanganyika et des régions environnantes par étapes quotidiennes et décennales en vue d'aider l'étude de l'érosion dans le bassin. L'étude devrait avoir une taille de 1-8 km pixel, et être conduite par une combinaison d'apports de télédétection, SIG et données météorologiques.</li> <li>• Utiliser ce modèle d'érosion du sol pour réaliser une étude rétrospective pour la saison humide 1996 en vue d'évaluer la faisabilité de l'utilisation du modèle pour l'observation à long terme.</li> <li>• Déterminer les méthodes optimales pour l'incorporation des estimations spatiales de pluviosité dans le modèle d'érosion du sol, se concentrant sur les données de jauge des pluies interpolées et les estimations dérivées de télédétection.</li> <li>• Investiguer l'érosion pour assister l'estimation des apports de sédiments effectifs dans le lac.</li> <li>• Définir les secteurs du bassin qui sont les plus sensibles à l'érosion en prédisant les augmentations éventuelles de l'érosion basées sur les scénarios d'événements de pluviosité extrêmes, dégradation du sol et déforestation.</li> <li>• Développer un démonstrateur pour la prédiction en temps réel en utilisant les données de temps réel (LARST) station de réception AVHRR, actuellement basée à Kigoma, Tanzanie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Le modèle d'érosion du sol, exécuté au moyen des estimations de télédétection de la couverture végétale, les estimations SIG de l'érodabilité et de la topographie du sol, et des estimations de télédétection et de météorologie de la pluviosité fournit un outil pour l'esquisse et l'investigation des secteurs sources d'érosion dans le bassin. Le modèle est très sensible à la pluviosité et les estimations par satellite apparaissent être les meilleures comme elles sont spatialement explicites (les mesures de pluviosité étant éparses dans beaucoup de secteurs).</li> <li>• Les études spatiales antérieures des apports de sédiments dans le lac ont simplement évalué la couverture forestière pour déterminer ces bassins les plus susceptibles de fournir une méthode plus directe une sédimentation accrue due à la déforestation. Notre modèle fournit une méthode plus directe pour estimer les secteurs du lac affectés par les sédiments, fournit des cartes des secteurs sources, et fournit ainsi une amélioration significative de la compréhension des polluants qui fournit la menace la plus immédiate et la plus significative à l'écosystème du lac.</li> <li>• Les résultats de l'étude rétrospective de faisabilité et le démonstrateur en temps réel montrent que le fait de lier le modèle d'érosion d'échelle régionale à un algorithme d'acheminement peut produire des estimations à large bande, qui dans beaucoup de cas apparaissent supporter l'interprétation existante de la livraison des sédiments (c.à.d. la plupart des documents entrent par la partie Nord du Lac). Cependant, l'actuel algorithme d'acheminement apparaît s'effondrer dans les régions de basse topographie (ex. parties de la rivière Malagarasi)</li> <li>• Dans le bassin du Lac Tanganyika il y a seulement un grand secteur dans l'Ouest du Burundi (parce qu'il semble avoir toujours un faible couvert végétal). Cependant, beaucoup de secteurs du bassin étaient susceptibles d'érosion au cours de 1996 (ayant de très faibles couverts de végétation sur des pentes raides à certaines périodes de l'année). A ces emplacements, une grave érosion pourrait se produire si la pluviosité était aussi significative à ces périodes. Si les forêts devaient être enlevées de l'Ouest de la Tanzanie alors l'érosion serait aussi très grave ici.</li> <li>• Les résultats montrent que l'exécution opérationnelle du modèle pourrait fournir aux pays riverains des informations actualisées sur l'érosion et la</li> </ul>
--	--	--	---

			charge des sédiments qui pourraient être utilisées pour cibler la recherche et coordonner la rémédiation.
--	--	--	---

<p>Dynamique de l'azote dans le Nord du Lac Tanganyika</p>	<p>Brion, Nzeyimana, Goeyens, Nahimana et Baeyens</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Déterminer l'importance des rivières (étude conduite au Burundi) comme sources de nutriments pour la colonne d'eau dans la partie nord du lac y compris la détermination des variations saisonnières de la charge en azote résultant des affluents les plus importants ;</li> <li>• Déterminer la distribution saisonnière de l'azote dans les eaux de surface du lac ;</li> <li>• Contribuer à la détermination des flux internes d'azote dans les eaux de surface du lac en mesurant les variations saisonnières de la prise d'azote par le phytoplancton.</li> </ul>	<p>La charge annuelle d'azote inorganique dissous (DIN) déversée dans le lac représente 477 T de N dont la plus grande partie est sous forme de nitrite et de nitrate oxydées.</p> <p>Le plus grand contributeur est la Rivière Rusizi avec 450 T of d'azote principalement sous formes oxydées. La Mutimbuzi représente seulement 11 T de N, principalement sous forme de nitrite et de nitrate, et la Ntakangwa 16 T de N avec ici une importante proportion d'ammonium (7 T) : ceci est facilement compréhensible car nous savons que cette rivière traverse la ville de Bujumbura où elle reçoit les eaux usées ménagères.</p> <p>Pendant la saison humide, les concentrations de nitrite et de nitrate étaient presque toujours inférieures à la limite de détection (0.05 <math>\mu\text{M}</math>) et l'ammonium était la source la plus abondante de N, cependant, avec des concentrations ne dépassant jamais 0.2 <math>\mu\text{M}</math>. Pendant la saison sèche, les concentrations de DIN ont augmenté jusqu'à 18 <math>\mu\text{M}</math>, la nitrite et la nitrate étant les plus abondantes.</p> <p>Les données sur les résultats de la prise de phytoplancton ne sont pas du tout disponibles, les données de la saison humides étant les seules analysées. Les résultats étaient extrêmement variables, les taux spécifiques allant de 0,0002 à 0.02 <math>\text{h}^{-1}</math>, l'ammonium et la nitrate étant les formes dominantes de N prise, montrant un taux variable de régime de prise de N du phytoplancton. Nous voyons que même avec de très basses concentrations des nutriments ambiants (la nitrate et la nitrite étaient à la limite de détection), les taux de prise d'azote sont assez importants suggérant un cycle d'azote très rapide : les nutriments sont prises au même taux qu'ils sont produits ou fournis.</p>
--	---	--	---

## ANNEXE 1 (suite) Sous-composantes de l'ESSED - objectives et principales conclusions

### Participants supplémentaires contribuant au processus du PAS et leur rôle dans le PBLT

Les études suivantes ont également eu lieu pendant la période du Projet sur la Biodiversité du Lac Tanganyika bien que n'étant pas directement sous l'ESSED. Ces participants, ont cependant, accepté de compléter le questionnaire du point de vue de l'impact de la sédimentation sur le lac.

Titre provisoire du rapport	Principaux Participants	Principaux objectifs de l'étude	Principales conclusions de l'étude
Etude de l'écoulement, régime thermal et transport des sédiments dans le lac Tanganyika	<p>Timo Huttula (comme éditeur – beaucoup impliqués)</p> <p><i>N.B. Ce travail a été effectué sous l'Accord Inter Agence entre UNOPS et FAO</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Etudier la circulation de l'eau entraînée par le vent</li> <li>• Etudier les phénomènes majeurs de remontée des eaux dans le bassin Sud du bassin du lac et leur rôle dans le transport vertical des eaux hypolimnétiques</li> <li>• Etudier les remontées d'eau secondaires et la déperdition de ces eaux entre les côtes Est et Ouest du lac</li> <li>• Etudier les oscillations périodiques dans le lac</li> <li>• Etudier la dispersion horizontale et le transport des matières suspendues dans le lac, surtout près des entrées des principales rivières</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La remontée des eaux dans le bout Sud du lac a été observée en 1996 et 1997, bien que ce n'était pas aussi complet que pendant l'année 1993.</li> <li>• Les données sur la température de l'eau ont révélé un basculement de la thermocline le long de l'axe principal du lac</li> <li>• Les mesures actuelles ont révélé de hautes vitesses à la variation des courants de surface (descendant de 20 - 40 m) à cause des vents locaux.</li> <li>• Les modèles de flux barotropiques ont été utilisés pour calculer les modèles de circulation et leur évolution avec le temps. Une haute résolution spatiale des modèles régionaux ( de 0,4 km à 5 km) a permis de décrire en détail la dynamique du régime d'écoulement et son effet sur le transport des matières en suspension.</li> <li>• Pendant la saison sèche, l'écoulement des eaux des rivières et la concentrations des matières de particules en suspension dans les eaux des rivières est basse. Les simulations à l'aide des modèles régionaux de transport des sédiments ont montré que pendant ce temps, la dilution et l'advection des eaux des rivières se produisent dans les environs des embouchures des rivières. A cause de la haute friction hydraulique l'effet des plumes des rivières sur les courants est négligemment petite. La fixation gravitationnelle, le transport advectif par les courants poussés par le vent et la diffusion turbulente sont les principaux facteurs gouvernant qui génèrent les secteurs des plus hautes concentrations SPM principalement dans les zones peu profondes près des débouchés des rivières et des petits cours d'eau. La grande profondeur du lac réduit considérablement la probabilité d'érosion</li> </ul>

			et la resuspension des particules solides à ces étroits secteurs le long de la côte.
--	--	--	--

<p>Etude de l'écoulement, régime thermal et transport des sédiments dans le lac Tanganyika</p> <p>(suite de la page précédente)</p>	<p>Timo Huttula</p> <p>(suite de la page précédente)</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les courants dirigés du N - NO près de l'embouchure de la Rivière Malagarasi déterminent le déploiement dominant des matières en suspension dans la même direction. Les plumes des rivières sont atténuées dans la direction longitudinale. Pendant la saison humide, les gradients spatiaux sont plus élevés que pendant la saison sèche. Ceci est le résultat de l'arrivée d'une plus grande concentration des SPM et des vitesses des affluents. Mais à cause des modèles d'écoulement similaires induits par le vent dans cette région, la plume calculée a la même forme allongée durant les deux saisons.</li> <li>• La plume SPM de River Lufubu se répand dans un secteur plus limité que celui de River Malagarasi. Ceci est dû à la profonde bathymétrie et la basse concentration SPM escomptée des eaux des rivières.</li> <li>• La version PC du modèle de traçage des particules (TANGPATH) a été développée en plus des modèles des grands ordinateurs. Le modèle incorpore les champs d'écoulement pré-calculés de la surface et de la profondeur moyenne du modèle du lac entier et régional. Il donne à l'utilisateur la possibilité d'étudier le transport des particules flottants et fixes sous différentes conditions météorologiques des saisons humides et sèches.</li> </ul>
<p>Livraison riveraine de contaminants et des nutriments dans les sites virginaux vs. non affectés.</p>	<p>Peter Swarzenski</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Etudier la livraison des contaminants et des nutriments dans les systèmes rivière-lac virginaux vs. affectés.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toujours en progression</li> </ul>
<p>Observation et explication des plumes de sédiments dans le Lac Tanganyika (Thèse B.Sc.)</p>	<p>Adam (Ross) Bryant</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• évaluer la possibilité et identifier les procédures pour la détection, l'explication et l'observation d'éventuelles plumes de sédiments près de la surface dans le Lac Tanganyika, par l'utilisation de l'imagerie satellite de télédétection, techniques contemporaines de traitement d'images et analyse des données de terrain</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les résultats ont indiqué que la détection est possible dans beaucoup de situations, mais qu'à certaines périodes de l'année, et dans certains apports des rivières, les plumes plongent rapidement sous la surface (à cause de leur plus grandes densités). Avec des études ultérieures, il est probable que pour les plumes en flottaison, des mesures relativement précises de la concentration et de la distribution des sédiments en suspension pourraient être faites. Une combinaison de cette détection directe, couplée avec l'acheminement de l'érosion modélisée (voir au-dessus), a des promesses pour la surveillance holistique des apports de sédiments du lac.</li> </ul>

