

## THESIS / THÈSE

### DEA EN SCIENCES BIOLOGIQUES

#### Education relative à l'environnement

aspects pédagogiques et de politique éducative visant la prévention de l'eutrophisation des cours d'eau et des baies du lac Kivu (province de Kibuye au Rwanda)

Munyandamutsa, Philippe

*Award date:*  
2004

[Link to publication](#)

#### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

#### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.



---

**FACULTES UNIVERSITAIRES NOTRE-DAME DE LA PAIX  
NAMUR**

**Faculté des Sciences**

**ÉDUCATION RELATIVE À L'ENVIRONNEMENT  
Aspects pédagogiques et de politique éducative  
visant la prévention de l'eutrophisation des cours d'eau  
et des baies du lac Kivu  
(Province de Kibuye au Rwanda)**

**Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme d'études complémentaires  
en éco-technologie des eaux continentales**

Philippe Munyandamutsa  
Août 2004

**Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix**  
**FACULTE DES SCIENCES**  
Secrétariat du département de Biologie  
Rue de Bruxelles 61- 5000 NAMUR  
Téléphone : +32(0)81.72.44.18 - Téléfax :+32(0)81.72.44.20  
E-mail : joëlle.jonet@fundp.ac.be - <http://www.fundp.ac.be/fundp.html>

**ÉDUCATION RELATIVE A L'ENVIRONNEMENT**  
**Aspects pédagogiques et de politique éducative visant la prévention**  
**de l' eutrophisation des cours d'eau et des baies du lac Kivu**  
**(Province de Kibuye au Rwanda)**

MUNYANDAMUTSA S. Philippe

**Résumé**

Le présent travail s'inscrit dans le cadre de la protection des eaux courantes de la région de Kibuye. Il cherche à mettre en évidence des voies et des moyens de former à la lutte contre les causes multiples des dégradations des rivières de la région de Kibuye et des baies du lac Kivu. Cette étude couvre deux aspects : l'un écologique l'autre pédagogique. Elle a eu comme point de départ l'identification des causes d'eutrophisation des baies du lac Kivu. Nous avons défini des objectifs d'enseignement, élaboré des outils didactiques et esquissé des stratégies pédagogiques visant à générer, spécialement chez les jeunes (de 15 à 25 ans), chez les enseignants et chez les pêcheurs, des comportements nouveaux favorables à l'utilisation durable des écosystèmes dulcicoles.

Le travail s'est articulé sur les points suivants :

- a) Identification de quelques dégradations écologiques du bassin versant de la région de Kibuye, notamment celles des terres cultivables, les érosions de terre, dues au surpâturage et pouvant réduire la production piscicole. L'analyse de cas se focalise principalement sur l'eutrophisation des baies du lac Kivu.
- b) Proposition d'activités pédagogiques susceptibles de former les personnes impliquées à lutter contre l'eutrophisation des rivières et des baies du lac Kivu.

Cette étude veut proposer différents apprentissages et modes de gestion de l'environnement dans le but de minimiser voire d'éradiquer les effets de l'eutrophisation. Il s'agit notamment : de faire le traitement des déchets, de faire l'épuration des eaux par des lagunes, d'utiliser les engrais verts et d'aménager le bassin versant.

En perspective, il faudrait que les services de l'administration locale chargée de la protection de l'environnement, dans les prérogatives qui lui reviennent, mettent en place une politique éducative *ad hoc* dont nous esquissons ici les grandes lignes. Il s'avère également fortement utile de mettre en place une commission régionale chargée de l'environnement.

Quelques études sont à mener dans l'avenir dans cette région de Kibuye :

- Élaboration d'outils didactiques de sensibilisation des élèves de l'école primaire face aux problèmes d'environnement ;
- Créer des centres didactiques : de traitement des déchets, des centres de compostage, des systèmes d'épuration biologiques des eaux usées.
- Étudier les possibilités d'aménagement du bassin versant au lac Kivu.

Mémoire du DEC éco-technologie des eaux continentales  
Août 2004

**Promoteur : D. ROUSSELET, FUNDP**

## **Remerciements**

*Tout au long de cette année d'études complémentaires, j'ai bénéficié du soutien, des encouragements et de l'aide de plusieurs personnes à qui je voudrais exprimer ma profonde gratitude.*

*Je pense en premier lieu au Professeur Daniel ROUSSELET promoteur de ce mémoire. Il a accepté d'assumer la direction de ce travail malgré ses lourdes responsabilités. Tout le temps qu'il a consacré à ce mémoire, lors des discussions et rectifications m'est utile pour renforcer ma carrière d'enseignant. Impuissant à traduire mes sentiments, je lui dis « MERCI » pour la confiance qu'il m'a accordée.*

*Ma deuxième pensée va au Professeur Jean-Claude MICHA, qui à travers les conseils prodigués et encadrement, m'ont permis de surmonter beaucoup de difficultés.*

*Ma pensée va également au Professeur Jean-Pierre DESCY, au Professeur Patrick KESTEMONT, au Professeur Eric DEPIEREUX, au Révérend Père et Professeur DEVOS, au Professeur Frédéric FARNIR, au Professeur SNOEKS et au Professeur KELLY qui à travers leur enthousiasme et leurs encouragements m'ont permis de bien évoluer.*

*Que mes remerciements parviennent également à Mademoiselle Gisèle VERNIERS qui nous a donné la documentation.*

*Il nous est agréable de remercier tous les membres de l'Unité Méthodologique et de Didactique de Biologie pour leurs disponibilités et leurs documentations fournies. Je pense particulièrement à Monsieur Jean-Pierre TROUSSART pour son aide en informatique. Je n'oublierai jamais votre serviabilité. Je remercie également Dr François Dorehambeau, Dr J.B. MBEGA, Dr Robert MANDIKI, Madame Gersandre BLANCHARD, Mademoiselle Anne-Laure TARBE, Monsieur Yves MINE et Monsieur LOPEZ, tous de l'Unité de Recherche en Biologie des Organismes, pour leur disponibilité et leur collaboration.*

*Nous disons « MERCI » à Monsieur Philippe LEROY et Mademoiselle Nathalie BATAILLE pour leurs différentes interventions d'ordre administratif.*

*Je veux également dire « MERCI » à Monsieur le Ministre de l'Education Nationale au Rwanda : le Professeur Romains MURENZI, qui en collaboration avec le Représentant Légal de l'Eglise Adventiste au Rwanda : Pasteur Amon Rugelinyange m'ont recommandé auprès de la Commission Nationale des Bourses d'Etudes à travers son Président ; Monsieur Callixte KAYISIRE qui accepta ma candidature pour octroi d'une bourse d'études aux Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix à Namur.*

*Merci, également au Dr Canisius KANANGIRE, Doyen de la Faculté d'Agronomie à l'Université Nationale du Rwanda et à Mademoiselle Laetitia NYINAWAMWIZA pour leurs encouragements.*

### **DEDICACE**

*À toi, mon père, Pasteur Uzziel SINDAYIGAYA,*

*À vous, mes petits frères et sœurs : Ellen UMUTETELI, Louise KASANQWA,*

*Et Jean NTAKIRUTIMANA, que le génocide arracha de mon affection,*

*À toi, ma mère, Evelyne NYIRAMASENGE, pour tes prières et abnégations,*

*À toi, ma chère épouse, Françoise UWANTEGE, pour ton endurance et patience,*

*À vous, mes chers enfants pour votre patience à mes absences prolongées :*

*Jean-Luc NDAYISHYIMYE,*

*Samuel TUYISHIME,*

*Gloria IMANISHIMWE,*

*Bientôt SANZIRA,*

*Que ce travail vous serve d'exemple d'assiduité au travail. À vous frère et sœur : Apollos NZAMWITA, Josépha MUKAMANA et vos familles, je dédie ce travail.*

## TABLE DES MATIÈRES

<b>I. Introduction</b> .....	1
1. Problématique générale de la situation environnementale au Rwanda. ....	1
2. Cadre de l'étude .....	2
2.1. Présentation générale du Rwanda .....	2
2.2. Bassin versant de la région de Kibuye .....	5
2.3. Structure scolaire locale .....	6
2.4. Généralités sur le contenu des programmes proposés en matière d'environnement.....	9
<b>II. Les écosystèmes locaux</b> .....	10
1. Brève description des principaux écosystèmes locaux .....	10
1.1. Forêts ombrophiles des montagnes .....	10
1.2. Écosystèmes lacustres et berges du lac Kivu .....	11
1.2.1. Situation géographique, origine et géologie .....	11
1.2.2. Caractéristiques structurales .....	12
1.2.3. Facteurs abiotiques .....	12
1.2.3.1. Climat .....	12
1.2.3.2. Données physico-chimiques .....	13
1.2.4. Facteurs biotiques .....	14
1.2.4.1. Flore lacustre .....	14
1.2.4.2. Faune.....	15
1.2.4.2.1. Faune des invertébrés .....	15
1.2.4.2.2. Faune des vertébrés .....	17
1.2.5. Berges du lac Kivu.....	17
2. Quelques cas de dysfonctionnements des écosystèmes locaux .....	18
2.1. Dégradation des terres .....	18
2.2. Érosion des terres .....	18
2.3. Production piscicole faible et non diversifiée.....	19
2.4. Cours d'eau et baies du lac Kivu devenus comme des poubelles....	20
<b>III. Analyse du mécanisme d'eutrophisation</b> .....	22
Introduction	
1. Recherche des causes d'eutrophisation .....	22
1.1. Rejet d'effluents pollués .....	23
1.2. Détergents phosphatés .....	23
1.3. Usage excessif des engrais chimiques .....	23
1.4. Sédiments sablonneux, la bouse et sels minéraux .....	23
2. Mise en évidence des conséquences à court terme et à long terme d'eutrophisation ...	24
2.1. Phase I : pollution croissante... ..	24
2.2. Phase II : prolifération des algues.....	24
2.3. Phase III : phénomène de décomposition aérobie... ..	24
2.4. Phase IV :phénomène de décomposition anaérobie... ..	24
<b>IV. Identification des apprentissages à mettre en place visant à réduire         ou à empêcher le mécanisme d'eutrophisation</b> .....	26
1. Différents apprentissages proposés .....	26
2. Aspect technique : lagunage .....	27

<b>V. Recherche des stratégies et outils didactiques de sensibilisation ...</b>	<b>30</b>
1. État de la situation.....	30
1.1. Comportements actuels susceptibles d’altérer l’environnement .....	30
1.2. Situation socio-éducative actuelle.....	31
2. Comportements souhaités chez les vendeurs et les acheteurs .....	31
3. Stratégies didactiques proposés .....	32
3.1. Tenue des campagnes de sensibilisation de la population .....	32
3.2. Mise sur pied d’un comité de gestion de déchets .....	33
4. Outils didactiques de sensibilisation dans les écoles secondaires .....	33
4.1. Première étape : divers modes de motivation ... ..	34
4.1.1. Motivation par questionnements.....	34
4.1.2. Motivation par expérience ... ..	35
4.2. Deuxième étape : du constat à la recherche des origines d’eutrophisation ... ..	35
4.3. Troisième étape : activités didactiques .....	37
4.3.1. Première activité : étude comparative des macros invertébrés se trouvant dans l’eau d’une rivière polluée ou eutrophisée avec ceux se trouvant dans un tronçon de rivière non polluée ou non eutrophisée.....	37
4.3.2. Deuxième activité : traitement des pollutions ... ..	44
4.3.3. Troisième activité : caractériser le cheminement des eaux usées ... ..	44
4.3.4. Quatrième activité : proposer des conseils pratiques d’usage quotidien pour diminuer les pollutions et l’eutrophisation provenant des égouts domestiques .....	45
4.3.5. Cinquième activité : apprendre à traiter les eaux usées ... ..	46
4.3.6. Sixième activité : apprendre à trier les déchets .....	47
4.3.7. Septième activité : aménager un champ expérimental sur une pente en ravinement, réaliser une agriculture biologique avec un amendement d’engrais verts .....	49
4.3.8. Huitième activité : clôture, remise des rapports et sensibilisation des parents et autorités sur la prise en charge de leur environnement .....	49
4.3.9. Neuvième activité : mener des expériences en classe pour appréhender différentes techniques d’épuration de l’eau .....	50
5. Effets escomptés suite aux formations engagées .....	53
<b>VI. Conclusions et perspectives .....</b>	<b>53</b>
BIBLIOGRAPHIE.....	55
ANNEXE .....	60

## I. INTRODUCTION

Beaucoup d'écologistes, BRÜK *et al.*, (2001), BOUVERAT *et al.*, (2001), COLTENGUALTIERI *et al.*, (1998) parlent de « panique à bord » de la planète Terre quand ils abordent la description des écosystèmes terrestres et analysent leur devenir. Les pollutions des eaux sont citées parmi les problèmes actuels les plus urgents et les plus importants pour le devenir de l'humanité CHEATLE *et al.*, (2000).

Notre travail partage cette inquiétude générale et se focalise sur la région de Kibuye, côtière du lac Kivu et sur le lac lui-même. Selon LEVEQUE et PAUGY (1999), le lac Kivu, comme tant d'autres lacs africains, présente des symptômes qui font penser qu'une eutrophisation importante risque bien de s'y produire à plus ou moins court terme. Ce travail tente d'apporter une contribution à la prévention et à la lutte contre ce probable désastre écologique en abordant le problème sous un angle pédagogique. En effet, conscient qu'un tel problème ne peut pas être résolu sans la collaboration active et étroite de toute une population, il nous est apparu évident que la dimension éducative y était primordiale.

Cette étude s'articule sur les points suivants :

- la problématique générale de la situation environnementale au Rwanda,
- le cadre de l'étude,
- la description des écosystèmes locaux,
- quelques cas de dysfonctionnement des écosystèmes locaux,
- et enfin les éléments de politique éducative envisageables.

En outre, nous tenterons une analyse détaillée des causes de l'eutrophisation et une mise en évidence des conséquences à court et à long terme de ce processus. Par la suite, nous rechercherons des apprentissages susceptibles de changer les comportements jugés nocifs pour l'environnement, nous envisagerons des stratégies pédagogiques et nous proposerons des outils didactiques visant à réduire voire à mettre en place les comportements susceptibles de freiner, voire d'empêcher le mécanisme d'eutrophisation.

### 1) Problématique générale de la situation environnementale au Rwanda

Il y a de quoi s'inquiéter sur la situation actuelle et future des écosystèmes aquatiques rwandais en général et sur ceux de la région côtière du lac Kivu en particulier. Vu l'importance économique de ce dernier, essentiellement sur le plan alimentaire pour la population locale, cette problématique présente une certaine urgence. Les rejets des diverses substances polluantes et la destruction des berges s'accroissent à un rythme alarmant et détériorent la qualité des eaux et la vie des organismes aquatiques. Ce qui de toute évidence met, au moins à terme, en danger les ressources alimentaires locales.

À l'heure actuelle, l'industrialisation, l'urbanisation et l'agriculture ne cessent de dégrader les écosystèmes terrestres et aquatiques à un rythme inquiétant. Qu'en est-il des écosystèmes aquatiques de la province de Kibuye ?

« Mieux vaut prévenir que guérir », un proverbe français.

Ainsi, ce travail s'inscrit-il dans le cadre de prévention et de lutte contre les pollutions générées consciemment ou inconsciemment par l'activité de l'homme. Il prend en compte aussi l'option d'un développement durable.

En effet, cette étude veut répondre à deux questions primordiales ;

- a) Comment assurer une gestion intégrée autour du lac Kivu, c'est-à-dire une gestion qui promeut le développement économique tout en préservant les ressources naturelles des milieux aquatiques et en réduisant les pollutions ?
- b) Quelles méthodes pédagogiques pourrait-on utiliser pour que s'installent chez les jeunes (de 15 à 25 ans), chez leurs enseignants, chez les pêcheurs, chez les administrateurs locaux et chez les citoyens en général, un réel respect de la nature, une acquisition des comportements responsables et favorables face à l'environnement ?

## 2. Cadre de l'étude

### 2.1. Présentation générale du Rwanda

#### A. Localisation

Le Rwanda se situe au cœur de l'Afrique Centrale dans la région des grands lacs.



Figure 1 : Rwanda, situation géographique



La faune, riche en grands mammifères, compte notamment l'éléphant, l'hippopotame, le phacochère (sanglier), le léopard, l'antilope et le lémur volant. On trouve également des crocodiles dans certains fleuves ou rivières.

## B. Parcs naturels

Les parcs du Rwanda (dont l'exploitation touristique est en expansion) peuvent être regroupés en six zones naturelles :

- a) le parc national de l'Akagera,
- b) le parc national des volcans,
- c) la forêt naturelle de Nyungwe,
- d) les lacs ,
- e) les sources du Nil blanc,
- f) et les rivières principales (Akagera et Mwogo) .

Nous nous contenterons ici de quelques illustrations mettant en relief la richesse de ces milieux naturels.



*Figures 3 :Photos illustrant la biodiversité faunistique du parc national de l'Akagera (Rwanda).*

## C. Le Relief

On distingue classiquement cinq zones :

- La vallée de la Rusizi : son altitude est d'environ 1463 m, au sud-ouest du Rwanda. La Rusizi afflue du lac Kivu vers le lac Tanganyika.

- La chaîne volcanique de Virunga s'étend de l'extrême est de la RD Congo au nord-ouest du Rwanda. Ce massif est constitué de huit volcans (2 sont en RD Congo et six au Rwanda). Les six volcans du Rwanda offrent un spectacle éblouissant des forces de la nature, sous leur forme la plus pure et la plus hallucinante. Ce sont le Karisimbi (4507 m), le Mikenko (4437 m), le Muhabura (4127 m), le Bisoki (3711m), le Sabyinyo (3631 m) et le Ganga (3474 m). Seuls 2 des 6 volcans sur le sol rwandais sont encore en activité.

- La crête Congo- Nil longe du nord au sud le lac Kivu, la frontière avec la RD Congo. L'altitude est comprise entre 1500 et 1600 m. Le climat y est frais et pluvieux (en moyenne 15°C.). C'est ici que le fleuve Congo et le Nil prennent chacun leur source. Les écosystèmes situés sur cette crête remplissent une fonction écologique importante puisqu'ils servent de château d'eau pour l'ensemble du Rwanda.

- Le plateau central couvre la moitié du territoire et est profondément incisé par les vallées marécageuses. Son altitude moyenne est de 1500 à 1900 m.

- L'est du Rwanda, bien plus plat, descend de 1500 à 1000 m. C'est la région des savanes arborescentes et des lacs peu profonds. C'est là que coule la rivière Akagera et que se trouvent de petits lacs marécageux.

La région de Kibuye, dont nous nous préoccupons ici, possède deux types d'écosystèmes : l'un forestier, l'autre aquatique. Ce dernier doit être prioritairement protégé en raison de son importance, non seulement écologique, mais encore alimentaire pour tous les habitants de la région.

Le réseau hydrographique local présente encore souvent des zones d'eau pure, non encore polluées, mais qui pourrait l'être dans l'avenir. Il faut s'attendre notamment à ce que le lac Kivu, le plus important, soit progressivement dégradé en raison du manque de gestion des déchets domestiques, des égouts, ... Cette étude pourrait être considéré comme un cri d'alarme et engendré une prise de conscience des agents perturbateurs dégradant les écosystèmes attachés au lac Kivu.

## 2.2. Bassin versant de la région de Kibuye

### a) Description et localisation

La région de Kibuye est indiquée sur la carte qui suit par la zone de couleur verte.



Figure 4 : Localisation de la région de Kibuye au Rwanda

La région de Kibuye se situe à l'ouest du Rwanda où se dresse la Crête Congo- Nil. Celle-ci sépare le bassin du Nil et le bassin du Congo. La région est dominée par la chaîne des montagnes qui surplombe le lac Kivu. L'extrême sud-ouest de Kibuye est fait d'un haut plateau basaltique très disséqué en longues échines aux flancs raides qui s'achèvent par la plaine de Bugarama qui est un fossé tectonique remblayé d'alluvions. L'axe central de la région de Kibuye est caractérisé par un relief de collines allongées aux sommets plus ou moins arrondis, séparé par des vallées étroites elles-mêmes drainées par des petites rivières. C'est ce type de relief qui vaut au pays l'appellation de « pays des Mille Collines ».

### **b) Les types de sols**

Les sols de la région de Kibuye proviennent de l'altération physico-chimique de roches schisteuses, quartzitiques, granitiques et volcaniques. La carte pédologique du Rwanda publiée en 1992, nous informe que la région de Kibuye possède un sol dérivé de formation schisteuse, grès et quartzites ayant une teneur en argiles pouvant aller jusqu'à 80 %.

### **c) Climat et végétation**

La région jouit d'un climat tropical tempéré du fait de sa haute altitude. La température moyenne avoisine les 20°C sans écarts significatifs. La pluviosité est abondante et régulière. Elle varie entre 1000 et 1900 mm.

Dans les hautes régions de la crête Congo -Nil, les températures varient entre 15°C et 17°C. Les pluies y sont abondantes. Cette zone est en partie couverte de forêts naturelles (Nyungwe, Gishwati et Mukura).

### **d) Le réseau hydrographique**

La région de Kibuye est arrosée de plusieurs cours d'eau qui se jettent tous dans le lac Kivu. Quant au régime hydrologique, il est lié au régime pluviométrique. Les crues sont enregistrées pendant la grande saison de pluies (de Mars à Mai) et les décrues pendant la grande saison sèche (de juin à septembre).

La région sud-ouest de Kibuye touche une partie de la forêt naturelle de Nyungwe qui est une forêt ombrophile de montagnes. Son apport en humidité est important.

## **2.3. Structure scolaire locale (MINEDUC, 2002)**

Les institutions scolaires de la région de Kibuye, le long du lac Kivu, nous intéressent dans cette étude de sensibilisation à la lutte contre l'eutrophisation des rivières et baies du lac. Dans cette région, sont représentés l'enseignement supérieur avec l'extension du *Kigali Health Institute*, (qui forme les gradués en sciences de la santé, en sciences et environnement), l'enseignement secondaire avec quatre écoles et beaucoup d'écoles primaires. Les effectifs des élèves sont repris au tableau n° 2.

Le système d'éducation de la région de Kibuye est bel et bien celui dicté par le Ministère de l'Éducation Nationale.

La structure d'éducation au Rwanda a essentiellement trois niveaux (Figure 5).

- L'enseignement préscolaire.  
La région de Kibuye compte très peu d'écoles maternelles (privées).
- L'enseignement primaire :  
Beaucoup d'écoles primaires publiques et privées assurent l'éducation de base aux jeunes Rwandais. À signaler qu'il existe également l'éducation spéciale réservée aux handicapés physiques et mentaux (les sourds-muets).
- L'enseignement secondaire compte six ans d'études. Cette période est divisée en deux niveaux : le premier appelé « tronc commun » avec trois ans. Ici, l'élève reçoit des connaissances générales pour développer les domaines cognitif, affectif et psychomoteur. Du tronc commun, l'élève passe un examen national où sont présentes des questions en rapport avec l'environnement. Les études dans le second cycle sont structurées en différentes branches communément appelées « Sections » par lesquelles les élèves sélectionnent les options de leurs choix.

Ces branches sont la Biologie, la Chimie, les Mathématiques et la Physique, Littéraire, Latin Science, Sciences humaines, Pédagogie, l'enseignement technique et professionnel.

L'enseignement technique compte comme sections :

mécanique, électricité, charpenterie, plomberie, construction et électronique.

L'enseignement professionnel a comme sections : sciences infirmières, agriculture, foresterie, comptabilité, secrétariat, lois et administration, laboratoire, hygiène et assainissement, action sociale et hôtellerie et tourisme.

Les écoles techniques et professionnelles sont encore peu nombreuses.

Après ce deuxième cycle, les élèves passent un examen national pour obtenir un diplôme de fin d'études du secondaire.

Les objectifs assignés à l'enseignement primaire, secondaire sont de permettre à tous les enfants Rwandais une accessibilité égale à l'éducation et le Ministère de l'éducation voudrait bien implanter des écoles dans les villages tout près des élèves.

-L'enseignement supérieur compte des institutions publiques et privées.

Citons quelques-unes :

-L'Université Nationale du Rwanda,

-L'Institut de Sciences, Technologie et Management à Kigali,

-L'Institut Supérieur de Santé à Kigali et son extension à Kibuye.

-L'Institut Supérieur Pédagogique de Kigali,

-L'Institut Supérieur d'Agronomie de Kigali,

-Université Adventiste de Kigali,

-Université Libre de Kigali,

-Université Laïque Adventiste de Kigali.

Les trois dernières sont privées.

Quelques données statistiques des écoles de Kibuye (Tableaux 1.,2).

Tableau 1 : Evolution des effectifs dans l'enseignement primaire (MINEDUC, 2002).

Années scolaires	1999/2000	2000/2001	2001/2002
Nombre d'écoles	190	192	193
Classes	2241	2331	2178
Élèves	90025	98843	100853
Enseignants	1513	1694	1662

Tableau 2 : Effectifs par classe des élèves (Garçons et Filles) à l'école secondaire (D'après MINEDUC 2002).

Statut	1 <sup>e</sup> année G-F	2 <sup>e</sup> année G-F	3 <sup>e</sup> année G-F	4 <sup>e</sup> année G-F	5 <sup>e</sup> année G-F	6 <sup>e</sup> année G-F
Publique	176-36	116-78	43-25	233-25	79-33	61-29
Libre Subsidié	673-461	760-655	556-576	296-230	275-181	245-175
Privé	193-249	190-253	160-163	57-- 134	58-94	51- 86
Total	1042-746	1066-986	759-764	586-389	412-308	357-290

Nous référant au dictionnaire actuel de l'éducation (LEGENDRE,1993) dans lequel sont présentés les systèmes éducatifs de plusieurs pays et sur base du texte fourni par le Ministère de l'éducation rwandaise, nous avons proposé au dit Ministère, la schématisation de son système éducatif qui suit :

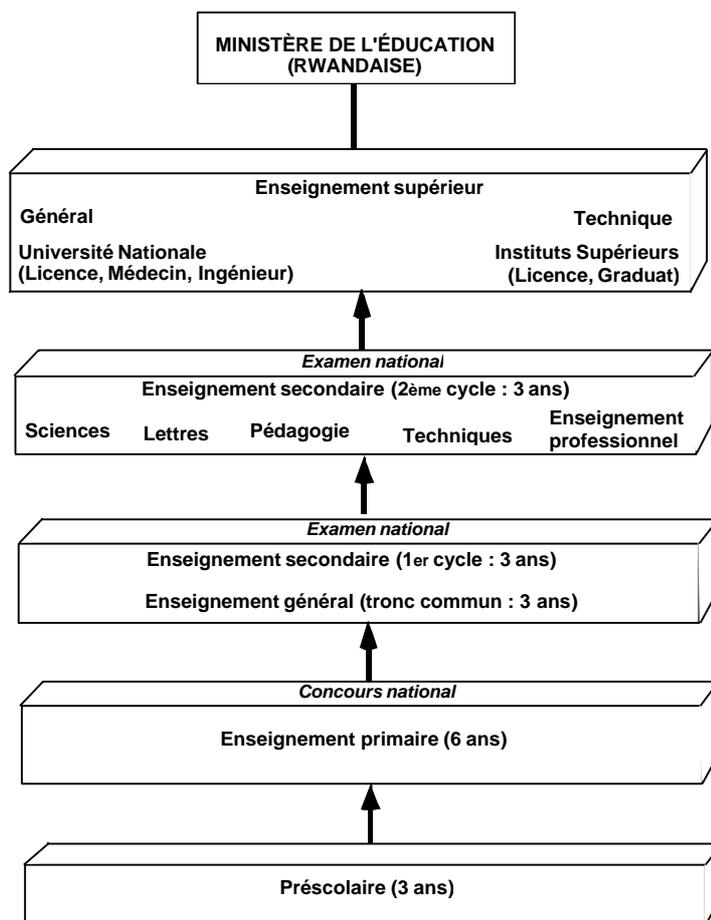


Figure 5 : Système éducatif du Rwanda.

À 25 km du ce centre provincial de Kibuye se trouve une école secondaire de Mubuga. À 12 km de cette dernière se situe une école des sciences infirmières de Mugonero et un Hôpital de Mugonero.

Non loin de ce centre de Mugonero, à 30 km se trouve une école secondaire de Karengera. Toutes ces écoles comptent deux types d'enseignements : un enseignement de sciences générales appelé :tronc commun de trois ans et un enseignement orienté (section) de trois ans également. Au sein d'une école secondaire, les élèves ont la possibilité de choisir une section de leur choix. Deux sections sont présentes dans toutes ces écoles précitées sauf celle de Karengera qui compte trois sections.

La capacité d'accueil de chaque école est à peu près 1200 élèves.

Il est clair que le programme de sensibilisation à la lutte contre l'eutrophisation des eaux de la région de Kibuye pourra être proposé aux élèves du secondaire et de l'Université de la dite région. Ils auront à réaliser des activités pédagogiques prévues en cette matière. Ceux-ci sont choisis car ils ont des notions plus ou moins nécessaires ou suffisantes de zoologie, de chimie, de systématique des macros -invertébrés, d'écologie et d'analyse physico-chimique de l'eau.

La sensibilisation doit se faire dès l'école secondaire car c'est à ce niveau que se forme l'esprit critique et que s'apprend l'essentiel de savoir être nécessaire à la vie en communauté (CROIZER *et al.*, 1996). À l'université, l'esprit critique se renforce davantage.

En outre, les jeunes ont une facilité de communication et peuvent avoir une influence positive sur le comportement des parents et autorités locales par rapport à la gestion de la nature.

Aux niveaux du secondaire et universitaire, les apprenants comprennent les concepts écologiques de base : écosystèmes, cycles, chaîne alimentaire, impact des activités humaines sur l'environnement et développement durable. Manifestement, pour aborder les problèmes liés à l'environnement, l'enseignant fait appel à l'interdisciplinarité (WAUTHY, 1993 et ROY *et al.*, 1998).

Nous comptons beaucoup sur eux pour la bonne gestion future des écosystèmes en tant que génération de demain.

#### 2.4. Généralités sur le contenu des programmes proposés en matière d'environnement

La structure scolaire locale actuelle prévoit à l'école secondaire des cours en rapport avec l'environnement à savoir le cours de géographie qui contient des notions de climatologie et d'hydrologie. Ce cours prévoit des descriptions des milieux importants du pays comme les parcs naturels : les volcans, les lacs et les forêts. Les élèves ont l'occasion d'apprendre les actions des phénomènes physiques comme ; les vents, les précipitations, les tremblements de terre... Mais cela figure uniquement dans le programme du tronc commun (1<sup>ère</sup>, 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> années).

Un autre cours en rapport avec l'environnement est celui qu'on appelle « hygiène et assainissement ». Celui-ci est réservé uniquement à la section des sciences infirmières présente dans 2 écoles sur l'ensemble de 12 écoles de la province. Un troisième cours, dispensé dans le deuxième cycle du secondaire, est l'écologie générale. Ici, les élèves apprennent les concepts clés : biotope, écosystème, population, cycle de l'eau, chaîne alimentaire...

Nous pensons que ces cours précités permettent aux élèves d'avoir une idée générale de leur environnement. Il ne reste qu'à améliorer la méthodologie d'enseignement en organisant entre autres des sorties sur terrain. Le tableau qui suit donne une idée générale de l'enseignement en matière d'environnement.

Tableau 3 : Idée générale actuelle du volume horaire attribué à l'apprentissage d'écologie.

Cours	Classe	Section	volume horaire Par semaine et par année	Objectifs d'apprentissage.
Géographie	Tronc commun (1 <sup>ère</sup> , 2 <sup>ème</sup> et 3 <sup>ème</sup> années). 2 <sup>ème</sup> cycle (4 <sup>è</sup> , 5 <sup>è</sup> et 6 <sup>è</sup> année).	-  Pédagogique et Scientifique	1h/s → 28h/an  1h/s → 28h/an	- Savoir décrire le Rwanda (Provinces, parcs naturels). - Savoir des notions générales de la dynamique des populations.
Écologie générale	2 <sup>ème</sup> cycle (6 <sup>è</sup> année)	Pédagogie et Scientifique	2h/s → 56h/an	- Définir les concepts clés (niche écologique, biotope, écosystème...) - Définir les relations entre les êtres vivants. - Notions de cycles (Carbone, Azote...).
Hygiène et Assainissement	2 <sup>ème</sup> cycle (4 <sup>è</sup> année).	Sciences infirmières	0,5h/s → 14h/an	- Savoir les milieux de vie des microorganismes et leurs modes de vie.

À noter que le programme en matière d'environnement tel qu'il est élaboré ne prévoit pas le tri des déchets, ni l'évaluation de la qualité des eaux des rivières et ni comment diminuer les nutriments azotés et phosphorés des égouts domestiques.

Tel qu'actuellement écrit le programme est essentiellement notionnel. Une évolution importante à assurer dans les années à venir serait de rendre les programmes d'apprentissage plus orientés vers des savoir-faire (notamment en matière de gestion de l'environnement) ; savoirs et savoir-faire étant plus propices à assurer des apprentissages opérationnels, (qui servent dans la vie et qui conduisent à des actions concrètes).

## II. Écosystèmes locaux

### 1. Brève description des principaux écosystèmes locaux

Nous nous inspirons du rapport national sur la conservation de la biodiversité biologique de 1988 adressé au Ministre de l'agriculture, de l'élevage, de l'Environnement et du Développement pour présenter les principaux écosystèmes locaux (FOSSEY,1997).

#### 1. 1. Les forêts ombrophiles de montagne

Les forêts ombrophiles de montagne se trouvent à l'Ouest du pays sur la crête Congo- Nil, entre 1700 m et 3000 m d'altitude.

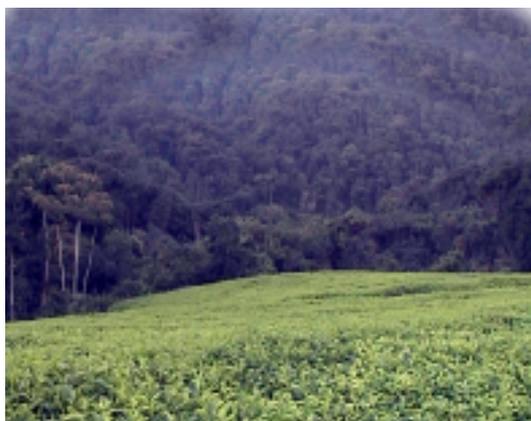


Figure 6 : Forêt ombrophile de Nyungwe

De ce type de végétation qui était à l'origine très répandue, on ne trouve aujourd'hui que quelques lambeaux dont le plus grand est la Réserve Naturelle de Nyungwe. Il existe encore d'autres lambeaux reliques comme Cyamudongo, Mukura et Gishwati. On peut diviser ces forêts en trois étages où dominent des formations typiques :

- L'étage bas de la forêt ombrophile de montagne qui se situe entre 2200 m et 2300 m. Les espèces végétales caractéristiques sont *Entandrophragma excelsum*, *Carapa*, *Caesaria runssorica*. Dans les habitats écologiques sous faible influence anthropique, on trouve *Zoerrierae*, *Newtonia buchanani*. On note une richesse en épiphytes, surtout des bryophytes, des fougères et des orchidées. Près des eaux, on trouve la fougère arborescente *Cyathea manniana*, en très grande quantité. Dans les marécages, on trouve une forêt de *Carapa*, *Anthocleista*, *Syzgium guineense* et *Podocarpus* aux endroits très humides.

- L'étage d'altitude moyen de la forêt ombrophile de montagne se situe entre 2300 m et 2600 m d'altitude. Il ne présente en général que deux couches, et la strate supérieure ne dépasse pas 1,5 m de hauteur. Les espèces végétales les plus caractéristiques sont *Ocotea michelsonii*, *Syzgium guineense*, *Fichaloea prunus* et *Chassalia subochreatea*. Dans des cas isolés, on trouve la bruyère arborescente au premier plan comme *Erica kingaensis rugegensis* et aussi

*Hagenia abyssinica* arborescent. Il faut aussi noter la richesse en épiphytes, mais principalement le lichen du genre *Usnea barbue*.

- L'étage supérieur de la forêt ombrophile de montagne où l'on trouve, selon l'état des sols, forêts de bambous avec des *Arundinaria* ou des peuplements de *Hagenia abyssinica*, *Hypericum erica rugegensis* en relation avec les tourbières. La strate supérieure n'atteint que 510 m de hauteur. La couverture en lichens et en bryophytes augmente également. Les sommets arrondis et les plus hautes élévations de Nyungwe et de Gishwati qui sont exposés aux précipitations sous forme de brouillard de pluie ou de vent, favorise cette forme de végétation. Les tourbières basses des forêts ombrophiles de montagne sont marquées par l'existence des bosqueteaux, *Hypericum erica rugegensis*. Dans la strate herbacée domine le *Cyperus denudatus*.

Bref, les plantes caractéristiques des forêts ombrophiles de montagne sont environ 81 spp dont 13 espèces ci-après d'orchidées internationalement protégées.

*Satyrium crassicaule* (Orchidaceae)

*Cynorkis kassneriana* (Orchidaceae)

*Disperis anthoceros* (Orchidaceae)

*Calanthe sylvatica* (Orchidaceae)

*Eulophia horsfalii* (Orchidaceae)

*Polystachya virginea* (Orchidaceae)

*Polystachya* (Orchidaceae)

*Chamaeangis sarcophylla* (Orchidaceae)

*Diaphananthe burtii* (Orchidaceae)

*Cyrtochis arcuata* (Orchidaceae)

La faune caractéristique de la forêt ombrophile de montagne compte donc des

*Chamaeleonidae* internationalement protégées

*Chamaelea* espèce extrêmement rare

*Chamaeleleo dilepis*

*Chamaeleleo johnstoni*

*Rhampholeon boulengeri*

*Cercopithecus hoesti*

## 1.2. Écosystèmes lacustres et berge du lac Kivu

### 1.2. 1. Situation géographique, origine et géologie

Le lac Kivu est situé en Afrique Centrale, au Sud de l'Equateur, entre les latitudes 1°34' 30' et 2°30', et 28°50' et 29°23' de longitude Est (CAPART,1960). Il est l'un des quatre grands lacs du « Rift » Est Africain. Il forme, sur 102 km de long et 50km de large (dans sa plus grande largeur), une partie de la frontière naturelle entre la RD Congo, à l'ouest, et le Rwanda, à l'est (figure 1). Il est situé à 1463 m d'altitude par rapport au niveau de la mer.

La région de l'emplacement actuel du lac Kivu a été l'objet d'une succession de bouleversements tectoniques caractérisées par des épanchements volcaniques qui ont modelé le relief de la région et entraîné une perturbation du réseau hydrographique. Certains auteurs comme (PEETERS,1959 et 1988) ont soutenu l'hypothèse qu'il fut une époque où le lac Kivu avait un écoulement hydrographique dirigé vers le Nord. L'orientation Nord des rivières du bassin versant et la pente inversée du fond actuel du lac sont des arguments en faveur de cette hypothèse.

Cependant, tous les auteurs (CAPART,1960 ; POUCKET,1971, et BEADLE,1981) s'accordent sur l'origine volcanique du lac Kivu. Il a été formé à la suite des éruptions volcaniques des Virunga. La coulée de lave a bloqué la vallée située à une centaine de kilomètres au Sud du lac Edouard et a permis le remplissage de la dépression par les eaux qui ont emprunté le seuil le plus bas situé au Sud. La rivière Rusizi, exutoire actuel du lac Kivu, a ainsi été formée.

Le lac Kivu est situé dans une région dominée par des roches appartenant à deux formations géologiques d'âges différents :les roches du socle précambrien et les roches cénozoïques (VILIMUMBALO,1993). Les premières sont représentées par les schistes, les granites et les micas. Les roches cénozoïques sont, quant à elles, essentiellement composées de roches volcaniques et d'alluvions relativement récentes.

### **1.2.2. Caractéristiques structurales.**

DAMAS (1935, 1937), CAPART (1952-1954), VERBEKE (1957) et KISS (1966) ont étudié les caractéristiques structurales et morphologiques du lac. Depuis lors, il n'y a pas eu de nouvelle donnée, et tous les travaux postérieurs se rapportent aux résultats de leurs études. Nous reprenons ci-dessous les principaux traits caractéristiques de la structure du lac.

Le lac est d'abord caractérisé par sa position dans une vallée profonde, escarpée, surmontée et longée du Sud au Nord par deux chaînes de montagnes : les monts Mitumba à l'Ouest et la dorsale rwandaise à l'Est.

La superficie du lac est estimée à 2370 km<sup>2</sup>. Les îles, au nombre de 150, couvrent une surface totale d'environ 315 km<sup>2</sup>. La longueur des côtes est de 1196 km. Celles-ci présentent un aspect dendritique, caractéristique des lacs récemment formés (MARSHALL, 1990).

Vu la forte pente des rives, la zone littorale est très réduite en largeur (parfois moins de 10 m) au profit de la zone pélagique qui s'étend jusqu'à proximité des rives. La profondeur moyenne du lac est estimée à 240 m et la profondeur maximale est d'environ 500 m (DESCY, 1990).

DAMAS (1935, 1937) et CAPART (1960) divisent le lac en 5 grands bassins : le bassin Nord, le bassin de Kabuno-Kashanga, le bassin d'Ishungu, le bassin de Kalehe et le bassin de Bukavu.

Le bassin de Bukavu constitue la partie extrême Sud du lac Kivu. Il est bordé au Nord-Ouest par l'isthme de Birava et au Nord-Est par les îles Gombo et Ibindja. Il couvre une superficie de 96 hectares. La profondeur maximale de ce bassin est de 105 m avec une moyenne autour de 75 m.

Le lac Kivu est relié au lac Tanganyika par la rivière Ruzizi avec un débit estimé de 70 à 100 m<sup>3</sup>/seconde (VERBEKE, 1957 et VILIMUMBALO, 1993).

### **1. 2.3. Facteurs abiotiques**

#### **1.2. 3. 1. Climat**

Le bassin du lac Kivu se trouve sous un climat de type tropical humide.

Ce climat est influencé par divers facteurs, notamment les chaînes de montagnes qui surplombent le lac à l'Ouest et à l'Est, par les vents alizés du sud-est et par l'altitude.

Ces facteurs entraînent l'existence d'une mosaïque de microclimats dans le bassin du lac Kivu, de sorte qu'il est préférable de considérer le climat d'un endroit particulier plutôt que de parler de climat de l'ensemble du lac.

Parmi les éléments du climat susceptibles d'influer sur la biologie du lac, il y a, notamment, la pluviosité et les vents. Au lac Kivu, la pluviosité varie d'un endroit à un autre et

d'une rive à l'autre (KANINGINI, 1995). La pluviosité est nettement plus forte sur la rive occidentale que sur la côte orientale. D'après CAPART (1960), ce phénomène s'explique par la prédominance des vents du sud-est et l'action de l'île Idjwi sur les masses d'air.

Des différences climatiques existent également entre la partie Nord et Sud du lac Kivu. Analysant les données de 11 stations météorologiques situées dans le bassin du lac Kivu, KWETUENDA *et al.*, (1989) ont constaté un certain décalage d'apparition de la saison sèche entre le Nord et le Sud. Celle-ci a lieu en juillet aux stations de Goma, Gisenyi, Murunda et à Idjwi ; de mi-juin à juillet aux stations de Kibuye et de Lwiro ; en juin et juillet à Nyamasheke, Kamembe, Cyangugu et Bukavu, et en juin, juillet et Août à la station de Kirambo.

Les précipitations qui excèdent 100 mm s'observent en mars, avril, mai, octobre et novembre (5 mois) dans la partie Nord ; en janvier, février, avril, octobre et novembre et décembre (6 mois) dans la partie médiane du lac et pendant 7 mois dans la partie Sud soit en janvier, février, mars, avril, octobre, novembre et décembre. Les mois les plus pluvieux sont, en général, avril et novembre, excepté décembre à Lwiro, et mars à Cyangugu.

Le lac est également soumis à l'influence des vents qui soufflent de manière presque permanente du Sud-Est à l'Est, le traversant obliquement ou latéralement (CAPART, 1960). Ce régime principal est souvent perturbé par des facteurs locaux comme la température relativement élevée de l'eau de surface, la proximité des rives très escarpées et les massifs montagneux environnants.

La vitesse du vent sur le lac croît généralement à partir de 9 heures du Sud au Nord. En saison sèche, elle peut atteindre 60 km/heure dans le bassin Nord vers 11-12 heures. Des vents violents pouvant atteindre une vitesse de 80 km/heure et de direction variable s'observent aussi bien dans le Nord que dans la partie Sud lors des orages (CAPART, 1960).

### **1. 2.3. 2. Données physico-chimiques**

Le lac Kivu est un lac méromictique (KANINGINI, 1995). Il présente des eaux profondes dépourvues d'oxygène surmontées par une « biozone » oxygénée. Ce type de structure implique notamment qu'une partie de la biomasse planctonique et des nutriments qu'elle contient soit systématiquement soustraite, par sédimentation, à la zone oxygénée. Cette perte a nécessairement des conséquences au niveau de la productivité des lacs méromictiques, qui risque de se trouver limitée par une carence en nutriments essentiels. Notons, toutefois, qu'un recyclage interne des nutriments peut être assuré par la biodégradation des matières organiques dans la « biozone ». En outre leur disponibilité dans la zone euphotique, où a lieu la production primaire planctonique, dépend de la dynamique de circulation des masses d'eau, principalement liée aux vents.

En plus de cette principale caractéristique, le lac Kivu se distingue par d'autres particularités physico-chimiques notamment la teneur élevée en sels dissous (1,115 g/l), se manifestant par une conductivité élevée, la stratification thermique verticale des eaux et la présence d'importantes quantités de gaz dissous dans les eaux profondes, spécialement le gaz méthane, le gaz carbonique et l'anhydride sulfureux. Le lac Kivu est le plus grand réservoir connu de gaz méthane.

D'après DEGENS *et al.*, (1973) les sels minéraux proviennent surtout des solutions hydrothermales qui émanent du fond du lac et que les teneurs des gaz dissous dans l'eau du lac Kivu restent inférieures à la saturation (salinité voisine de 4‰). Ces mêmes auteurs estiment que l'apport annuel de ces sources est de l'ordre de 0,5 km<sup>3</sup> soit 1/1000 du volume total du lac.

Le méthane par contre a une double origine. Une partie est formée par la décomposition bactérienne du plancton en conditions anaérobies, l'autre partie est d'origine magmatique.

Tableau 4 : *Caractéristiques limnologiques des lacs Kivu, Tanganyika, Kariba et Cahora Bassa*

(VANDEN BOSSCHE et al. 1990, et MARSHALL 1993).

Caractéristiques	Lac Kivu	Lac Tanganyika	Lac Kariba	Lac Cahora Bassa
Altitude (m)	1463	773	485	326
Surface (Km <sup>2</sup> )	2370	32900	5400	2665
Volume (km <sup>3</sup> )	583	18800	156	43
Profondeur maximale (m)	489	1435	120	133
Profondeur moyenne (m)	240	570	29,2	19
Température (°C) épilimnion	23,0-24,5	17-32	23,2-27,3	22-23
pH	9,1-9,5	8-9	7,5-8,9	7-8,2
Transparence (m)	3,5-6,0	15-20	3,5-8,0	0,7-3,3
Limite Oxygène (m)	70	100-200		
Conductivité micro. S/cm	1240	520-610	100	102-150
Salinité (g/l)	1,115	0,53		
Temps séjour (années)	226	1000	3	0,5

La température des eaux en surface varie très peu au cours de l'année. Elle oscille entre 23,1° à 24,5°C (moyenne 23°C).

#### 1.2.4. Facteurs biotiques

En raison du caractère méromictique du lac Kivu, environ 12 % seulement sont habitables par les poissons. Cette « biozone » s'étend au maximum jusqu'à une profondeur de 70 mètres. Au-delà, il n'y a pas d'organismes aérobies.

##### 1.2.4. 1. Flore lacustre

Les roches riveraines sont recouvertes d'une végétation algale verte. Cette couche d'algues sert d'abri à de nombreux petits organismes végétaux et animaux. On y observe de nombreuses Diatomées, des Protozoaires tels que Ciliés et Vorticelles qui servent de nourriture à des Ostracodes, Cladocères, Copépodes et Acariens. Ce milieu constitue également un excellent biotope pour le développement de larves d'insectes. La végétation macrophytique se rencontre dans les endroits peu profonds. Leur gradient de colonisation diminue avec la profondeur. Les plantes submergées sont essentiellement des *Potamogetons* et des *Ceratophyllum*.

Les plantes émergées sont constituées des représentants des genres *Scirpus*, *Cyperus* et *Phragmites*. Une faune de petits mollusques et insectes aquatiques sont associés à cette végétation. La composition du phytoplancton a été étudiée par HECKY et KLING (1987). D'après ces auteurs, en mars 1972, le phytoplancton du lac Kivu était beaucoup plus abondant que dans les lacs Malawi et Tanganyika à la même époque, avec des estimations des biomasses de l'ordre de 550 à 2100 mg par m<sup>3</sup> et une moyenne de 1100 mg/m<sup>3</sup> (=0,12 g C/m<sup>3</sup>, d'après DESCY, 1990). Le phytoplancton est dominé par les Cyanophycées et les Chlorophycées qui représentent, à eux seuls, 70 à 90 % de la biomasse phytoplanctonique.

Les autres groupes sont faiblement représentés, à l'exception des Péridiniens (*Peridinium inconspicuum* Lemm., *Gymnodinium pulvisculus* et *Gymnodinium sp*). Les diatomées des genres *Nitzschia* et *Synedra* prédominent dans la baie de Kabuno.

Parmi les Cyanophycées, sont principalement représentées les espèces comme : *Lyngbya circumcreta*, *Cylindrospermopsis spp*, *Anabaenopsis spp* et *Rhaphidiopsis spp*. La diatoméenne *Cosmarium laeve Rab* dominait dans le groupe des Chlorophycées. (KANINGINI, 1999)

D'après DESCY (1990), une certaine hétérogénéité de la biomasse et de la production du phytoplancton s'observe entre la zone littorale et la zone pélagique. Celle-ci serait moins productive que le milieu littoral. La chlorophylle a varié de 0,4 à 1 microgramme/litre en zone côtière et en zone pélagique, elle varie entre 0,3 et 0,6 microgramme/litre.

#### **1.2.4.2. La faune**

##### **1.2.4.2.1. Faune des invertébrés**

Beaucoup de chercheurs ont réalisé des études sur la faune des invertébrés (KISS, 1966 ; REYNTJENS, 1983 ; DUMONT, 1986 ; FOURNIRET, 1992). Mais, faut-il signaler que, exception faite des travaux de VERBEKE (1957) et KISS (1966), les études sur le zooplancton du lac Kivu sont ponctuelles.

La communauté zooplanctonique du lac est composée de Cladocères, Copépodes, de Rotifères et de Ciliés.

D'après DUMONT (1986), la composition de la communauté zooplanctonique du lac Kivu a profondément changé après l'introduction de *Limnothrissa miodon*. Cette opinion est soutenue par les observations de l'auteur qui a constaté la diminution de la taille du zooplancton, l'augmentation de la diversité, la colonisation de la zone pélagique par des espèces anciennement littorales et la disparition de *Daphnia curvirostris*, la plus grande espèce de Cladocères connus antérieurement.

Analysant les échantillons du zooplancton prélevés par la FAO lors d'une campagne en mai-juin 1990 sur l'ensemble du lac, FOURNIRET (1992) a précisé quelques éléments relatifs à la composition spécifique du zooplancton, à leur taille et à leur abondance spécifique. Les observations réalisées ont permis de mettre en évidence quatorze espèces dont : 4 Cladocères, *Ceriodaphnia cornuta* (Sars, 1886), *Moina micrura* (Kurz, 1874), *Diaphanosoma excisum* (Sars, 1886), *Alona rectangula* (Sars, 1862) et 5 Copépodes et 5 Rotifères.

Concernant la taille, les observations de FOURNIRET (1992) permettent de dire que la taille moyenne de toutes les espèces est relativement constante sur l'entièreté du lac. Par contre, la taille moyenne de la communauté zooplanctonique est assez hétérogène d'une station à l'autre. Pour des zones voisines l'une de l'autre, la taille moyenne peut varier du simple au double. L'examen comparatif de la taille du zooplancton, avant et après l'introduction du *L.miodon* a montré que la taille moyenne du zooplancton a connu des modifications au cours du temps.

En 1953 la taille moyenne et individuelle est redevenue plus grande, les Rotifères sont moins abondants, et la biomasse générale plus élevée (figure 7).

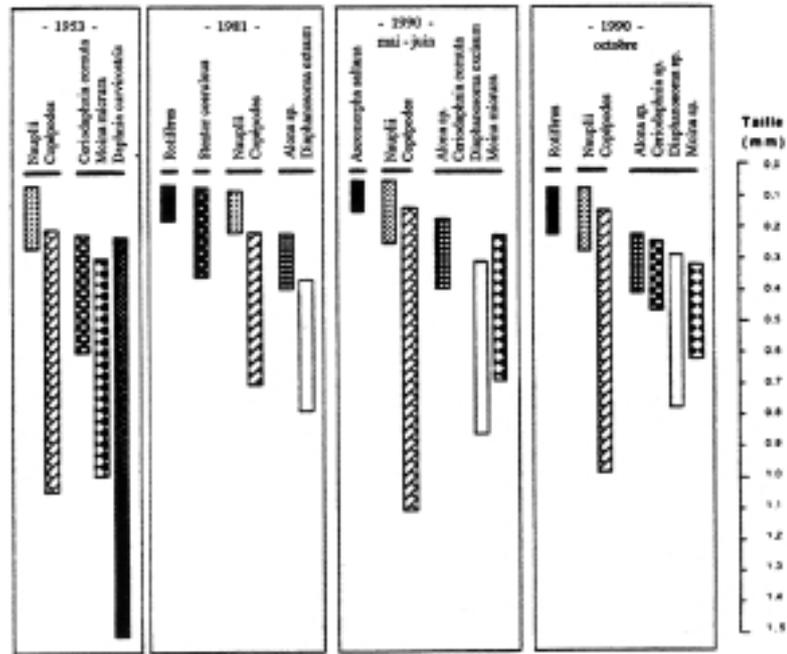


Figure 7 : Evolution de taille (mm) de certaines espèces du zooplancton du lac Kivu à différentes époques (avant et après l'introduction de *L. miodon*). Modifié selon les données de VERBEKE (1957) et REYTTJENS (1982). (D'après FOURNIRET, 1992).

D'après KISS (1966), le zooplancton subit des fluctuations saisonnières qui atteignent le pic vers Août- Septembre après brassage des eaux de la grande saison sèche (figure 8).

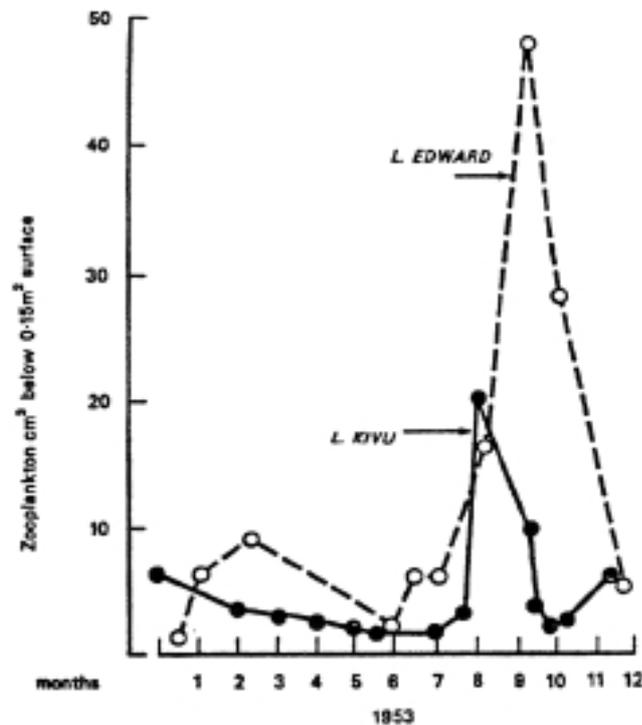


Figure 8 : Changements en volume du plancton au cours de l'année au lac Kivu et Edouard (D'après VERBEKE, 1957 ; KISS, 1959).

#### 1.2.4.2.2. Faune des Vertébrés

##### **Ichthyofaune**

L'ichtyofaune du lac Kivu compte 26 espèces réparties dans 4 familles : *Clupeidae*, *Cyprinidae*, *Clariidae* et *Cichlidae* (SNOEKS *et al.*, 1991). Parmi les 26 espèces, on dénombre 1 *Clupeidae*, 2 *Clariidae*, 5 *Cyprinidae* et 18 *Cichlidae* dont 15 du genre *Haplochromis*.

À l'exception de *L.miodon* qui vit au large et en milieu littoral, et 1 ou 2 espèces d'*Haplochromis sp* qui s'observent en zone pélagique, le reste de la faune piscicole du lac Kivu est inféodée à la zone littorale.

##### **Mammifères**

Aucune étude n'a été réalisée sur les mammifères du lac Kivu (KANINGINI, 1995). Néanmoins, quelques loutres ont été attrapées dans les nasses des pêcheurs d'*Haplochromis* dans la baie de Muhumba, bassin de Bukavu.

##### **Avifaune**

Les oiseaux piscivores sont représentés par les martins-pêcheurs, les canards aquatiques, les cormorans et les mouettes (KANINGINI, 1995).

#### 1.2.5. Les berges du lac Kivu

La zone de transition entre le milieu lacustre et le milieu terrestre ou s'appelle berge. Au moyen de cette situation, elle possède une grande valeur écologique, (VERNIERS, 1995). La végétation qu'on y trouve constitue des micros habitats favorisant la diversité et la densité des espèces végétales et animales. Voici un des aspects des berges du lac Kivu (figure 9).



Figure 9 : Photo d'une berge au lac Kivu

Néanmoins, à beaucoup d'endroits, les berges ont été érodées de façon épouvantable.

## 2. Quelques cas de dysfonctionnements des écosystèmes locaux

### 2.1. Dégradation des terres cultivables

L'agriculture, à Kibuye, se pratique généralement sur des montagnes avec des fortes pentes. Elle est extensive. Cette pratique d'agriculture extensive, intensifie la dégradation des terres cultivables d'après BRÜK *et al.*, (2001). Vraisemblablement, quelques indices de dégradation des terres sont manifestes à savoir : la diminution de la productivité ou la fertilité du sol, inexistence des haies et création de parcelles de monocultures (figure 10).



Figure 10 : Photo des cultures de maïs sur un champs en dégradation

Sur quelques lieux du lac, la course à la productivité s'accompagne de l'usage de pesticides et d'engrais chimiques. Toutefois, leur utilisation n'est pas encore élevée dans la région de Kibuye d'après KELLY *et al.*, (2001) et MUKAMANA (2002). Néanmoins, ils sont abondamment utilisés dans l'usine à thé de Gisovu pour ces grandes plantations, selon les mêmes auteurs.

D'après CAMPBELL (1995), les nutriments ajoutés en milieu agricole sont rapidement détournés vers les écosystèmes aquatiques. Certains nutriments dont le phosphate, sont perdus pour les écosystèmes terrestres, en entrant dans les eaux de ruissellement des champs et dans les eaux usées. Ils aboutissent alors dans les cours d'eau et les lacs. Ils y favorisent la prolifération des végétaux aquatiques et ainsi concourent à l'eutrophisation de l'eau d'après GOFFIN *et al.*, (1989). En effet, un excès de végétation aquatique cause un déficit en oxygène pendant la nuit quand la photosynthèse est arrêtée.

En outre le problème le plus fréquent selon les mêmes sources, c'est celui du non-respect de la dose à utiliser. D'après KELLY *et al.*, (2001), le mélange de nutriments N K P est de 17, 17, 17. Très souvent, les agriculteurs ne respectent pas cette mesure (MUKAMANA, 2002).

### 2.2. Érosion des terres

Une des causes primordiales des érosions est la déforestation (CHARBONNEAU *et al.*, 1977). Un exemple est celle de la forêt de Gishwati. Celle-ci se situe dans les régions de haute altitude (1250 à 2000 mètres) au Nord de la Province de Kibuye. C'était une forêt naturelle, mais actuellement elle ne l'est plus.



*Figure 11 :Photo d'une zone érodée de la forêt*

Son défrichement a permis l'installation presque d'un million de réfugiés congolais (depuis 1995 à ce jour) qui l'utilisent également pour l'agriculture et l'élevage. Les érosions qui en découlent sont énormes.

On estimait la consommation totale du bois à 1,06 m<sup>3</sup>/habitant-an (FOSSEY,1997).

D'après Campbell (1995), non seulement la déforestation élimine les arbres et les animaux qui leur sont associés, mais elle perturbe les cycles bio-géochimiques. Elle constitue une source importante de nitrates et de phosphates acheminés dans les rivières par ruissellement des eaux de pluie.

D'après les expériences réalisées sur la forêt de Hubbard Brook selon les mêmes sources, les eaux de ruissellement provenant d'un bassin déboisé contenaient 60 fois plus de nitrates que les eaux de ruissellement provenant d'un bassin boisé. Les pertes de minéraux furent énormes : les concentrations de calcium dans le ruisseau quadrupla et celle du potassium fut multiplié par 15. Il est clair que l'excès de ces nutriments minéraux, des matières organiques, des déchets entraînent à la longue l'eutrophisation des rivières.

### **2.3. Production piscicole faible et non diversifiée.**

Actuellement dans le lac Kivu, d'après MICHA (2003) ,certains pêcheurs utilisent des filets maillants (100 m X 10 m) à mailles de 10 mm car il n'y a pas de gros poissons. Certains utilisent même des filets moustiquaires (figure 12).



*Figure 12 :Photos d'un filet moustiquaire utilisée par certains pêcheurs pour capturer des larves*

La pêche du lac Kivu repose principalement sur l'exploitation de *L. miodon* et de 4 espèces d'*Haplochromis*. Une part secondaire est supportée par les Cichlidés *tilapia* et *clarias* d'après KANINGINI *et al.*, (1999).

D'après MARSHALL (1994), la principale menace qui plane sur les pêcheries de *L. miodon* des lacs Tanganyika et Kivu serait la pêche simultanée des adultes, des larves et des juvéniles. En outre, la capture se fait au courant de toute l'année dans les zones littorales, pendant les jours et pendant les nuits et quelques fois avec alternances des pêcheurs pour une même pirogue (MICHA, 2003). Les résultats globaux de la pêche au filet maillant sont illustrés dans la figure 13.

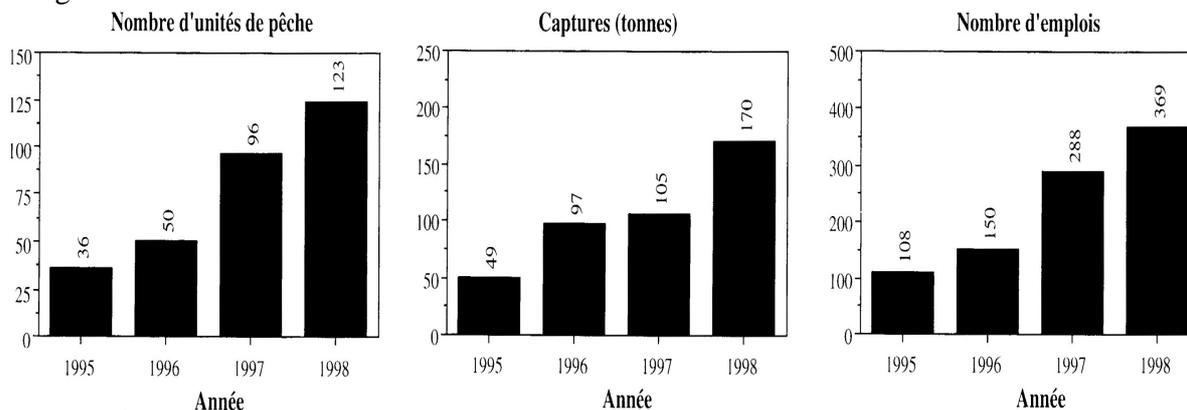


Figure 13 : Résultats globaux de la pêche au filet maillant au lac Kivu, côté RD Congo (d'après KANINGINI *et al.*, 1999).

La faible productivité piscicole du lac Kivu est naturelle ! Elle est due au fait que le lac est méromictique. À ce point de vue, le lac Kivu est encore particulier car le mélange entre l'épilimnion et l'hypolimnion est réduit d'après KANINGINI *et al.*, (1999). Les eaux ont une stratification thermique verticale stable et presque permanente empêchant toute possibilité de renversement des masses d'eaux. En outre sa faible biodiversité ichthyologique est due au fait que le lac est d'origine volcanique. Lors des éruptions des Monts Virunga, il s'est séparé avec le lac Edouard, se retrouvant ainsi avec peu d'espèces d'après les mêmes sources. Actuellement il compte 26 espèces réparties dans 4 familles.

#### 2. 4. Cours d'eau et baies devenues poubelles des marchés et des institutions

Tout le long du lac Kivu, en direction de la province de Cyangugu, sont installés les écoles secondaires, les hôpitaux et des marchés. De ces différentes institutions, les eaux usées sont canalisées dans les rivières avant d'atteindre le lac Kivu ou sont directement versées dans le lac selon que la distance est petite et ceci sans épuration préalable. D'après BRÜK *et al.*, (2001), ces eaux sont souillées par des polluants divers ; à savoir ;savons, matières organiques et autres...

Des telles pratiques entraîneront des conséquences sur la vie des communautés dulcicoles de la rivière ou du lac Kivu. Le lac Kivu paraît être bien nourri au départ, mais l'intensification des ajouts en nutriments posera des problèmes d'eutrophisation dans l'avenir. Le cas déjà manifeste est celui de baie de Mugonero où l'eutrophisation est potentielle. Elle est due aux déchets organiques apportés par trois rivières du Sud et à l'Est (figures 14,15). Une rivière qui traverse le marché appelé « Mugonero » apporte à la baie des sédiments (provenant des érosions sur les montagnes escarpées d'environ 1400 mètres d'altitude où se pratique une agriculture extensive), des déchets organiques et égouts dudit marché et de la ville.

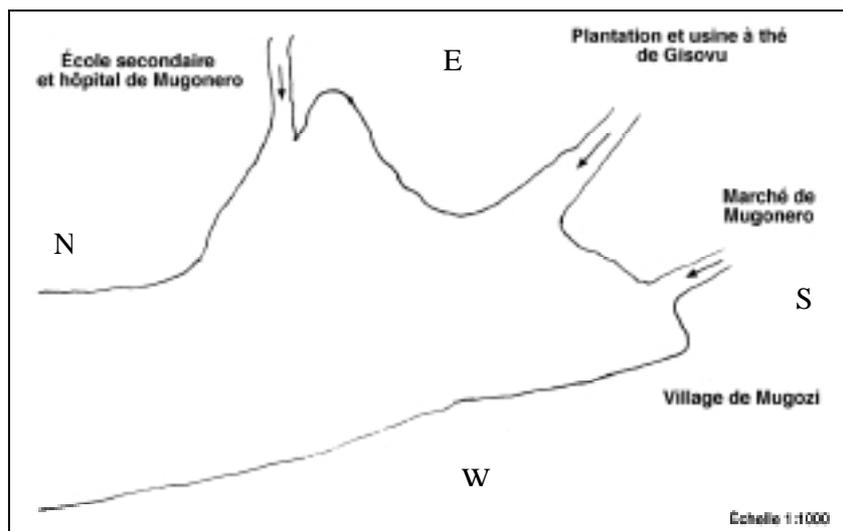


Figure 14 : Morphologie de la baie du lac Kivu à Mugonero avec 3 affluents, année 1975.

Dans les années 1975, la partie Ouest de la baie était large à sa base. Pour atteindre la rive opposée en allant à l'hôpital de Mugonero, on devait traverser au moyen d'une pirogue, ce qui n'est plus le cas aujourd'hui. On traverse à pied.

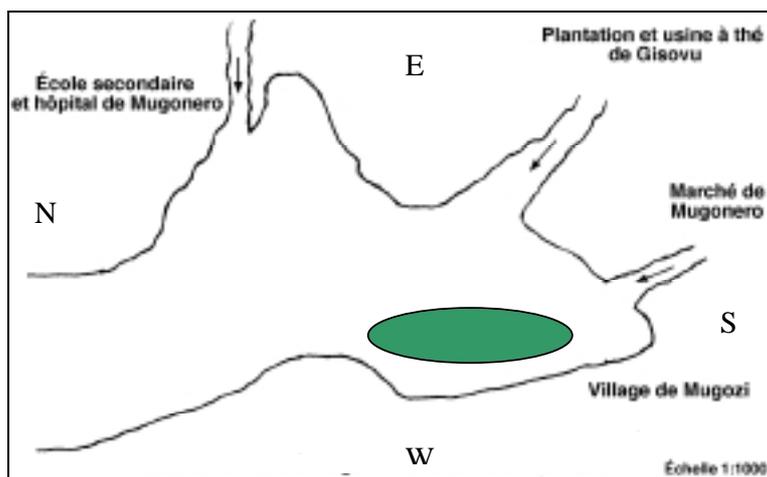


Figure 15 : Évolution de la morphologie de la baie du lac Kivu à Mugonero avec 3 affluents Année 2004. (En vert ; développement de la masse algale).

Si les mesures de protection de cette baie ne sont pas prises, nous pensons que dans 30 ans, la dite baie sera plus petite davantage et peut même disparaître. Elle se présenterait comme s'est illustrée dans la figure 16.

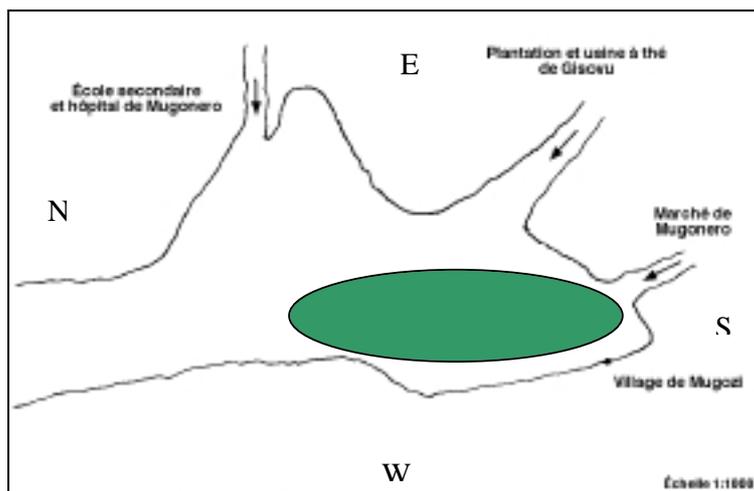


Figure 16 : Prévion de la morphologie de la baie du lac Kivu à Mugonero vers 2034  
(En vert ;développement attendu de la masse algale si les rejets actuels se poursuivent)

À noter qu'à la base de la baie s'est formé un étang qui présente déjà des symptômes d'eutrophisation : les algues abondantes qui forment un épais tapis vert qui recouvre l'eau. On y remarque quelques fois aussi un dégagement des odeurs nauséabondes (signe de décomposition anaérobie).

### III. Analyse du mécanisme d'eutrophisation

#### Introduction

Le lac Kivu est perturbé par diverses activités de l'homme se déroulant dans son bassin versant, c'est-à-dire ; une agriculture pratiquée sur des pentes escarpées et entraînant des érosions, une déforestation, une destruction du couvert végétal par le fait du pâturage, une installation des marchés et diverses institutions sur les rives du lac et le processus d'urbanisation qui est en cours.

Un comportement de la population locale très alarmant est celui de prendre le lac comme une poubelle dans laquelle chacun jette les déchets des marchés et des villes sans se rendre compte de l'impact sans doute négatif que de tels agissements ont sur le lac.

Cette manière de faire engendre à la longue le phénomène d'eutrophisation.

Nous retenons donc ce dysfonctionnement comme objet de notre travail. Et, dans cette deuxième partie, nous envisageons d'informer et d'éduquer la population riveraine au lac à agir en conséquence, pour maintenir la productivité et la biodiversité du lac qui habituellement d'après (SNOEKS *et al.*, 1991) est faible avec 26 espèces de poissons. Son aspect touristique est aussi à préserver. Il revient de la responsabilité des écologistes pédagogues de sauvegarder ce patrimoine cher et limité.

#### 1. Recherche des causes d'eutrophisation

Le phénomène d'eutrophisation apparaît comme une conséquence de plusieurs causes notamment :

### **1.1. Rejet d'effluents pollués**

Les rejets d'effluents pollués par des matières organiques fermentescibles sont les premiers à considérer (RAMADE, 1998). Ceux-ci proviennent des marchés et cuisines des écoles secondaires qui les versent dans les rivières ou dans le lac. Ces polluants sont des déchets fermentescibles. Au niveau des rivières ou dans le lac, ils modifient les paramètres physico-chimiques, et par ce biais, ils agissent sur les biocénoses du milieu récepteur aquatique (BIERNAUX, 1977). D'après le même auteur, ces matières organiques ont tout d'abord un effet mécanique : les particules en suspension dans l'eau limitent la photosynthèse, colmatent le fond du lit, modifiant ainsi le biotope benthique et la biocénose en place.

### **1.2. Usage des détergents phosphorés**

Les égouts domestiques des agglomérations et des hôpitaux de la place contiennent des matières azotées et des détergents phosphatés. Ils sont doués de propriétés tension active grâce auxquelles ils éliminent facilement les graisses et autres salissures à la surface de substrats divers (RAMADE, 1998). Selon les mêmes sources, leurs fonctions esters interviennent de façon importante dans les pollutions des eaux superficielles.

### **1.3. Usage excessif des engrais chimiques**

L'usage d'engrais chimiques dans les nouvelles plantations à caféier dans la Mairie de Rwamatamu, côtière du lac Kivu devrait se faire à bon escient. La fertilisation due à l'abus d'engrais azotés et phosphorés peut causer des problèmes de pollution dans les baies du lac. Toutefois, le cas évoqué n'est pas encore alarmant au Rwanda comme dans les pays développés.

Il est bien prudent de l'informer aux agriculteurs car parmi les facteurs contribuant aux mécanismes d'eutrophisation, le rôle de l'enrichissement de l'eau en azote et phosphore a été clairement mis en évidence dans des nombreux milieux. Ceci a été signalé par plusieurs auteurs (LEGLIZE, 1984 ; 1987 ; PARRIS, 1986 ; SALLERON, 1987 ; VAN CRAENENBROECK & VAN DEN BOS, 1983).

### **1.4. Apport des sédiments sablonneux, la bouse et les sels minéraux**

Il existe une forte corrélation entre l'intensité des précipitations, les quantités des sédiments (le sable, la bouse et les sels minéraux), les pentes des montagnes, la nature du substrat et la végétation environnante (CHABONNEAU *et al.*, 1977). Ces facteurs contribuent à déterminer la charge sédimentaire arrivant au lac. Elle est surtout importante pendant les périodes de fortes précipitations. Ce type de pollution est dû à des rejets de boues riches en matières organiques (CHABONNEAU *et al.*, 1977). Selon les mêmes sources, les matières en suspension agissent en augmentant la turbidité de l'eau. Elles réduisent donc la pénétration de la lumière et par conséquent la photosynthèse. Lorsqu'elles se déposent sur le fond, elles font disparaître la faune et la flore benthiques.

Alors, la rivière traversant le marché de Mugonero connaît des fortes crues lors des saisons des pluies jusqu'à inonder complètement et détruire les plantes et habitations de la vallée de Mugonero. Ses sédiments s'entassent d'années en années sur la zone littorale de la baie du lac de Mugonero et l'eau se retire petit à petit des berges jusqu'à laisser des passages aux piétons.

## **b) Mise en évidence des conséquences à court terme et à long terme d'eutrophisation**

### **2.1. Phase I : pollution croissante**

Avec cet apport de nature diverse, une biodégradation des matières organiques fermentescibles rejetées par les effluents organiques s'installe dans la baie de Mugonero.

D'après SCHWEIZ-ZEITS (1977), ce premier stade d'eutrophisation, se traduit par un enrichissement artificiel et excessif en éléments minéraux nutritifs des eaux du lac.

### **2.2. Phase II : prolifération des algues**

Les conséquences à court terme et à long terme, l'apport des nutriments va avoir pour conséquences une prolifération massive du phytoplancton et de la végétation aquatique.

### **2.3. Phase III : phénomène de décomposition aérobie**

Par la suite, il en résulte une diminution de la teneur en oxygène dissous dans les eaux de l'hypolimnion dû à la dégradation aérobie de la matière organique correspondant à la biomasse algale morte qui se dépose dans la couche profonde.

### **2.4. Phase IV : phénomène de décomposition anaérobie**

À ce dernier stade d'eutrophisation, les couches profondes deviendront le siège des fermentations anaérobies qui dégageront du méthane, surtout du NH<sub>3</sub> et du H<sub>2</sub>S. (RAMADE, 1995).

Nous référant aux résultats d'analyse du lac de Washington, les analyses chimiques confirment ces descriptions précédentes (RAMADE, 1995).

- Une prolifération du phytoplancton mesurable par l'accroissement de la teneur en chlorophylle.

- Une diminution de la transparence des eaux.

- Un accroissement de la DBO (demande biologique en oxygène).

- La mort des algues provoque une désoxygénation croissante.

De même, les recherches effectuées sur le lac Pare Loup (LABROUE, 1994) ont abouti aux mêmes résultats :

- apparition d'une ligne qui sépare les eaux oxygénées et non oxygénées appelée « oxycline » à 10 mètres avec une anoxie complète au-dessous de l'oxycline à partir d'environ 15 m de profondeur.

De même, sur la Meuse, LEGLISE et SALLERON (1988) observent que les eutrophisations provoquent l'apparition brutale de colorations brunes.

L'origine de ce phénomène est due à la prolifération d'une espèce particulière d'algue planctonique. On constate également la présence en quantité très excessive des végétaux fixés, algues filamenteuses et plantes supérieures.

D'après GILLET (1988), les rejets polluants ont des conséquences non seulement sur la qualité de l'eau et sur les végétaux aquatiques mais aussi sur la faune...à savoir :le zooplancton, les invertébrés et, enfin, les poissons.

En effet, les rejets urbains peuvent induire des mortalités massives à fortes concentrations ou disparition d'espèces les plus polluosensibles.

Actuellement, les pêcheurs ont abandonné de la baie de Mugonero car elle n'est plus productive.

Comme danger dans l'avenir, toutes les baies longeant le lac Kivu et situées à proximité des marchés pourraient subir le même cas si aucune mesure de protection n'est prise.

Bref, retenons que l'enrichissement en phosphore apparaît être le facteur primordial dans l'intensification de l'eutrophisation (SCHHINDLER, 1978).

La figure suivante illustre les différentes étapes d'évolution d'un phénomène d'eutrophisation d'un lac (RAMADE, 1995).

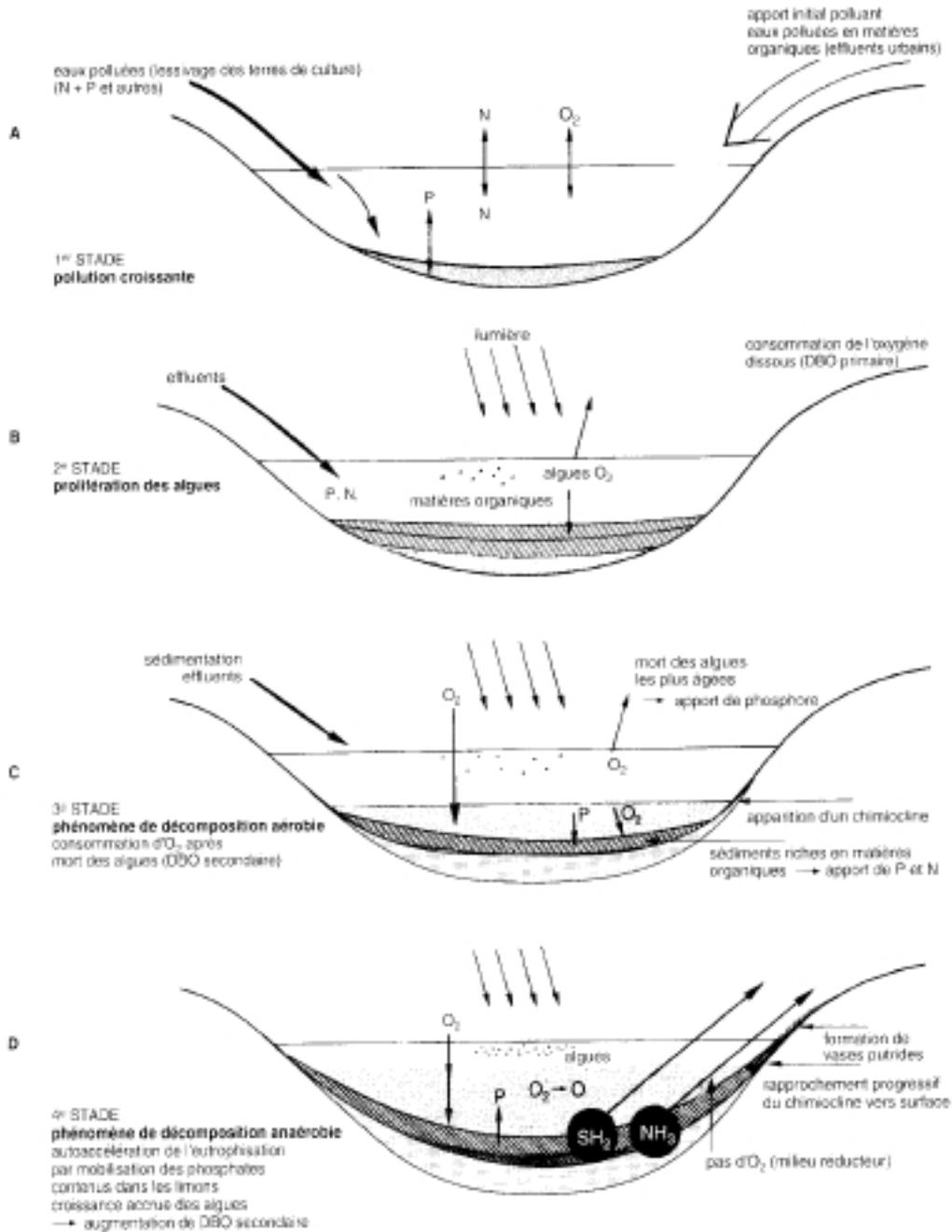


Figure 17 : Différentes étapes d'évolution d'un processus d'eutrophisation d'un lac

En ce qui concerne, la productivité piscicole, les poissons herbivores bénéficient de l'accroissement de la biomasse végétale disponible (RAMADE, 1995).

Cependant, alors que s'accroissent les Cyprinidés herbivores, les poissons carnivores ne vont bénéficier que de façon très transitoire de l'accroissement de l'abondance des proies. Les Percidés vont s'accroître au cours du stade II, mais vont ensuite diminuer par suite de la désoxygénation progressive des eaux (SCHWEIZ-ZEITS, 1977). Dans les régions tempérées, l'effet d'eutrophisation des lacs est plus défavorable aux (Salmonidés), tels les ombles ou les corégones qui, après une brève augmentation transitoire de densité au tout début du processus, vont disparaître car ils exigent des eaux bien oxygénées (RAMADE, 1995).

Dans les régions tropicales, c'est en particulier les Cichlidés qui sont très sensibles à l'eutrophisation, régressent dès que celle-ci apparaît. Les Cyprinidés, herbivores ou planctophages, s'accroissent beaucoup aux stades intermédiaires et régressent ensuite lorsque se manifestent des effets dystrophes avec apparition de substances toxiques dans les eaux profondes (RAMADE, 1995).

La prévention ou le ralentissement des eutrophisations potentielles sur les rivières, baies du lac Kivu sont possibles à envisager.

#### **IV. Identification des apprentissages à mettre en place visant à réduire ou à empêcher le mécanisme d'eutrophisation.**

##### **1. Différents apprentissages proposés.**

Vu les conséquences qu'engendrent l'eutrophisation dans les milieux aquatiques, si on veut que ce dysfonctionnement diminue ou soit minimisé, il faut s'attaquer aux causes et donc ;

@ Il faut apprendre à traiter les rejets pollués (les eaux usées et les déchets).

a) Le traitement des eaux usées signifie :

-Créer un système de canalisation drainant les eaux usées dans une fosse et les dirigées vers une station d'épuration.

-Ou créer un système d'épuration biologique (un système de lagunage).

Ceci pourra diminuer les charges en nutriments azotés et phosphorés.

b) Le traitement des déchets solides signifie :

-Faire récupérer les déchets organiques des marchés, des écoles, et des hôpitaux et les traiter de manière à ne plus les rejeter tels quels dans les rivières. Ce qui

veut dire :

-Faire le tri en séparant les déchets solides et déchets mous.

Généralement dans les cuisines des écoles secondaires, dans les marchés et dans les hôpitaux se trouvent plusieurs types de déchets.

Il faudra disposer par exemple de cinq types de poubelles de collecte des déchets.

On choisirait les couleurs en les associant à tel ou tel type de déchets.

Une poubelle noire sera utilisée pour la collecte des déchets végétaux, une poubelle bleue pour la collecte des déchets de bouteilles en plastique, une autre de couleur verte pour collecter des déchets de bouteille en verre, une poubelle en jaune pour les déchets en métal et une dernière en rouge pour les déchets en papier ou carton.

Ces poubelles pourront être utilisées à des endroits publics, dans les cuisines et dans les bureaux. En outre, tous les sacs contenant les déchets pourront être collectés à un endroit de décharge publique selon un calendrier donné. Alors, un

camion prévu à cet effet pourra les évacuer. Un poster à la fin du texte (annexe 2) illustre comment faire le traitement des déchets.  
Une famille peut apprendre à composter les déchets organiques en se référant à un guide des bonnes pratiques quotidiennes (ZEGELS, 2003).

@ Il faut apprendre également à utiliser des engrais verts et pratiquer une agriculture biologique (BRÛK, 1995). Voir poster (annexe 4).  
Celle-ci vise à utiliser des végétaux symbiotiques avec les bactéries fixatrices d'Azote.

@ Il faut apprendre à diminuer les charges des nutriments azotés, phosphorés et des sédiments. Ceci signifie :

- Faire un reboisement des pentes en ravinement,
- Faire des terrasses,
- Faire des bandes enherbées pour permettre la sédimentation, l'infiltration et la dégradation biologique des résidus (VERNIERS, 1995). Voir un poster (annexe 3).

@ Il faut apprendre à créer un système d'épuration biologique, c'est-à-dire un système de lagunage. Voir un poster (annexe 1).

## 2. Aspect technique : le lagunage

Le lagunage est une méthode d'épuration biologique des eaux usées pouvant être collecté à un endroit de la vallée d'un village où l'on plante les macrophytes.

Ce procédé permet d'éliminer les matières organiques par décomposition bactérienne.

La faible profondeur de la cuvette favorise la ré-oxygénation des eaux. La végétation introduite absorbe l'excès de phosphate et de nitrate contenus dans les eaux en voie d'épuration. Les végétaux utilisés à cet effet sont les *Papyrus*, les *Phragmites* ou le *Typha*. Ils sont capables d'extraire efficacement les nutriments et donnent d'excellents résultats dans la réduction de la pollution résiduaire des phosphates et nitrates. D'après COOPER *et al.*, (1989), un schéma d'une installation de lagunage à base de roseau comme épurateur biologique est proposé.

Pour installer les lagunes on suit le modèle proposé par Cooper.

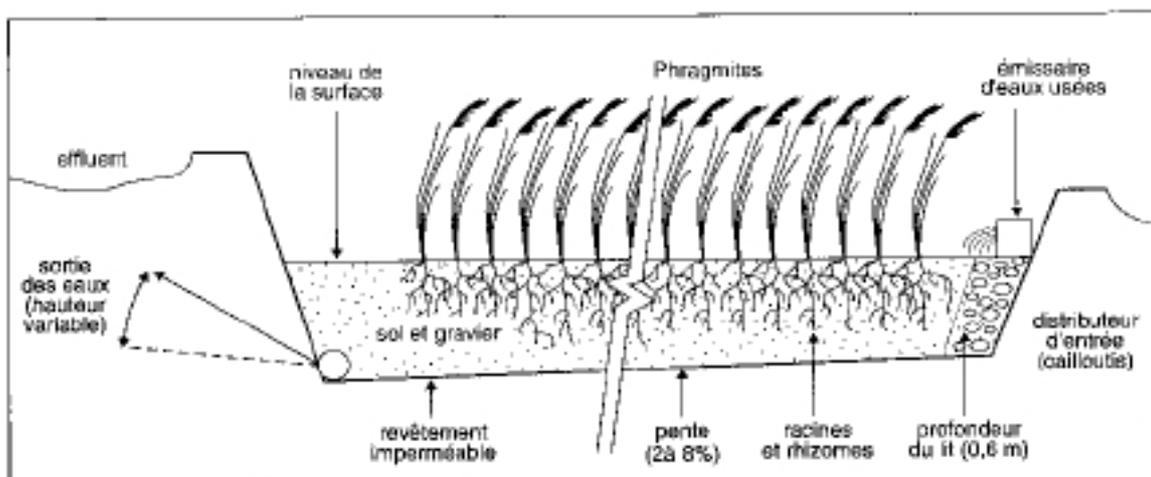


Figure 18 : Schéma illustrant l'installation d'une lagune

L'installation est construite sur un substrat argileux et imperméable. L'effluent urbain arrive en amont de celle-ci avec un lit de profondeur de 60 cm avec une pente de 2 à 8 %. Les eaux d'effluent traité sont collectées à l'extrémité dans la partie la plus profonde de l'installation. Les Phragmites éliminent l'excès de nutriments (COOPER, 1989).

Les différents intervenants dans un système d'épuration par lagunage peuvent être illustré dans le schéma ci-après :

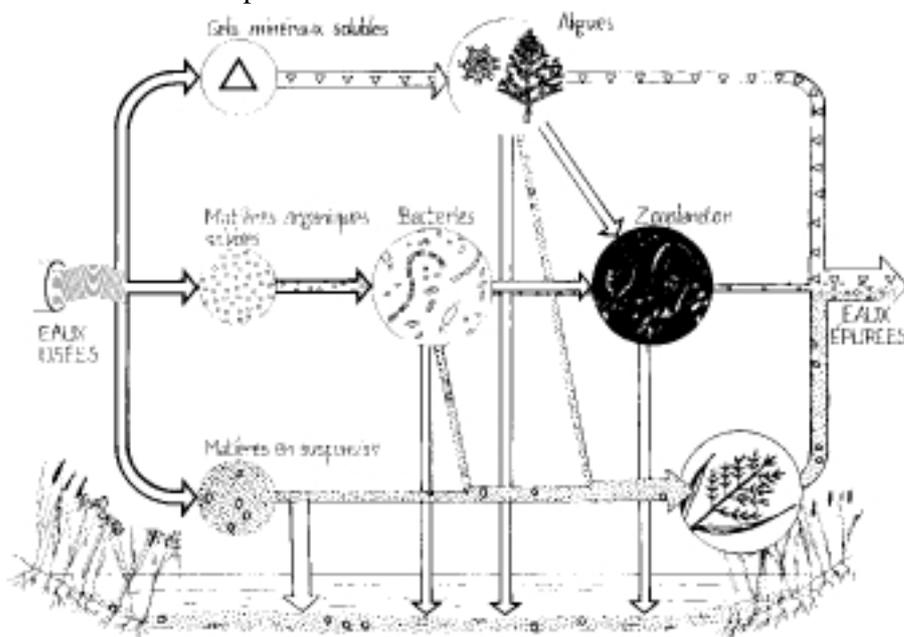


Figure 19 : Les facteurs de la dégradation de la charge polluante dans une lagune (COOPER,1989).

**Étapes d'installation d'une lagune.** D'après les informations données par plusieurs auteurs, il est facile d'installer une lagune, F.N.D.A.E. (1985), CTGREF (1978), AGENCE DE BASSIN LOIRE-- BRETAGNE (1979), GEMAGREF (1983), GEMAGREF (1998)

- 1) Choisir un terrain suffisamment large, imperméable ou argileux pour la future lagune d'épuration.
- 2) Construire trois bassins avec des digues suffisamment larges pour mettre la circulation facile, le rapport conseillé longueur largeur, est de 3 mètres. Pour un équivalent habitant aménager 3 bassins respectivement de 6m<sup>2</sup> ; 2,5m<sup>2</sup> et 2,5m<sup>2</sup> de surface pour chacune. Afin d'éviter toute nuisance pour le voisinage, il convient de la décaler de 200 m des habitations.

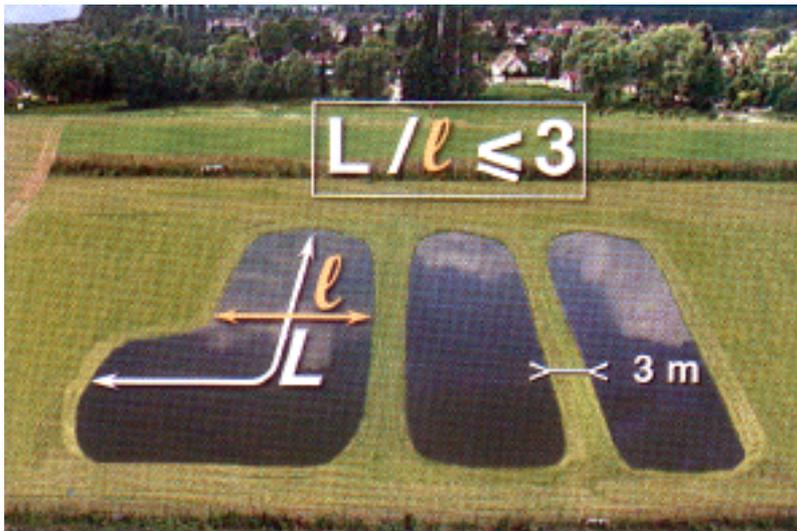


Figure 20 : Trois bassins dans une lagune

3) La pente du terrain choisi doit permettre un écoulement d'eau par gravité jusqu'au milieu récepteur.

Ensuite suivre ces consignes : l'installation de la lagune doit se faire dans les points bas des agglomérations.

- a) Faire le remplissage préalable des bassins avec l'eau de pluie ou de rivière qui est proche pour permettre leur envahissement par les microorganismes qui interviendront dans l'épuration.
- b) Permettre l'admission des eaux usées. Le mélange faiblement concentré dans le premier bassin permettra le développement de quelques microorganismes.
- c) Procéder à une plantation des macrophytes aquatiques. Les espèces pouvant être plantées sont : *Phragmites communis* (roseau), *Scirpus lacustris* (jonc des chaisiers), *Typha latifolia* (massette), *Iris pseudacorus* (Iris des marais).
- d) On prélève à la bêche des plantes avec leur rhizome. La taille des tiges est normalement petite et son transport doit être rapide à l'abri du dessèchement.
- e) Mettre en place les macrophytes dans le bassin de lagunage au moment de la mise en eau. Les rhizomes sont plantés tous les 50 cm, et à quelques centimètres de profondeur, dans des échancrures préparées à la bêche.
- f) Faire un pré-traitement d'effluent brut dans un panier et un dégraisseur permettant de retenir les graisses et flottants accumulés (les éléments les plus gros).
- g) Faire de façon hebdomadaire ce service de pré-traitement pour éviter les dépôts excessifs de matières organiques.
- h) Les déchets récupérés au niveau de pré-traitement doivent être stockés dans des poubelles fermées avant d'être envoyés en décharge. Leur enfouissement dans la fosse sur place peut se faire.
- i) Entretenir les abords en coupant et en éliminant régulièrement la végétation qui se développe sur les digues.
- j) Faire le faucardage des macrophytes une fois par an pour éviter l'encombrement des bassins.
- k) Procéder à un curage des bassins (enlèvement des boues) à tout moment jugé nécessaire.
- l) Rejet des eaux épurées dans le milieu récepteur.

## **V. Recherche des stratégies et outils didactiques de sensibilisation**

### **1. État de la situation**

La plupart des marchés de la région de Kibuye, comme celui de Mugonero, ont une superficie presque égale à 2 hectares. Dans un marché, on peut avoir à peu près 2000 personnes.

Les vendeurs ont l'habitude de laisser les déchets dans la cour du marché après leurs activités commerciales. Quand ils reviennent recommencer leurs activités, ils se débarrassent de ces déchets derrière les épiciers ou dans la rivière qui les conduira au lac.

Il est évident que le marché produit des quantités énormes des déchets qui s'évaluent approximativement à 500 kg par jour du marché. À ces quantités qui s'écoulent vers le lac, s'ajoutent des matières organiques provenant des érosions des sols à la suite du déboisement, du surpâturage et des mauvaises pratiques agricoles. Pour le cas de la baie de Mugonero, s'ajoutent les eaux résiduaires des carrières provenant de l'exploitation minière de la cassitérite de Gisovu (situé à 10 km), sablières et les égouts du centre commercial de Mugonero. Toutes ces matières solides et liquides se déposent dans la baie de Mugonero au lac Kivu. Ces matières détruisent les zones des frayères des écosystèmes aquatiques et rendent les fonds inhospitaliers à de nombreuses espèces benthiques d'après MICHA (2003).

Avant de proposer une stratégie et des outils didactiques de sensibilisation, décrivons les comportements actuels et identifions ceux qui sont souhaités chez les vendeurs et acheteurs.

#### **1.1. Comportements actuels susceptibles d'altérer l'environnement**

##### **- Les vendeurs de denrées alimentaires :**

- Ils ne disposent pas de poubelles où jeter les déchets.
- Certains étalent leurs marchandises (le manioc frais, ignames) sur les feuilles de bananiers.

##### **Les vendeurs de viande :**

- Ils abattent les animaux à côté de la rivière pour y verser le sang des animaux abattus et l'abattage a toujours eu lieu sur les feuilles des bananiers.
- Le lavage des viscères se fait dans l'eau de la rivière.

##### **Les vendeurs de fruits.**

- Ils laissent les épluchures des fruits par terre car ils ne disposent pas de poubelles pour les collecter.

##### **Les vendeurs de vêtements :**

- Ils étalent souvent leurs vêtements sur les sachets en plastic qu'ils laissent quelques fois sur place après le marché.

##### **Les restaurateurs :**

- Ils jettent les égouts domestiques derrière les cuisines pour les évacuer par après dans la rivière.

##### **Les épiciers.**

- Ils jettent les déchets derrière les magasins ou dans la rivière.

##### **Les vendeurs de canne à sucre.**

- Ils ne ramassent pas les déchets qu'ils laissent lors du découpage des tiges de la canne à sucre. Les acheteurs jettent sur leurs passages les déchets divers ;la canne à sucre qu'ils sucent et les épluchures des bananes mûres qu'ils mangent.

##### **Les menuisiers.**

Les menuisiers entassent les restes de bois derrière le bâtiment de l'atelier et les silures de bois dans des petits ruisseaux qui mènent dans la rivière de Mugonero.

### **Les mécaniciens.**

Les mécaniciens versent les lubrifiants dans la rivière.

### **Les ouvriers des moulins :**

-Ils éparpillent les restes de manioc, graines de céréales et poussières de farine derrière les constructions des moulins.

A noter que lorsqu'un nettoyage du marché s'effectue, les balayeurs jettent les déchets à des endroits inappropriés, derrière les épiciers ou dans la rivière.

Il est souhaitable que les déchets venant du marché soient mieux gérés, c'est-à-dire en les recyclant, en les compostant, en les incinérant ou en créant un système de lagunage.

Les moyens à mettre en place sont les poubelles d'évacuation, les fosses, les systèmes de canalisation, les lagunes ou les rejeter pour incinération. Dans le cas contraire, les conséquences seront multiples sur les milieux aquatiques telles que les pollutions.

## **1.2. Situation socio-éducative actuelle**

Actuellement, le Rwanda connaît un faible taux d'alphabétisation qui est de 47,9 %. Chez la femme : 43,6 % de femmes analphabètes contre 60,6 % d'hommes (MINEDUC, 2002). Les femmes et les jeunes filles s'intéressent plus et répondent massivement aux centres d'alphabétisation. Ce qui nourrit notre espoir pour la génération future. La plupart des hommes souffrant de leurs complexes de supériorité font semblant de savoir lire et écrire alors qu'ils ne le savent pas. Un cas très appréciable en matière d'éducation est que les parents s'organisent en associations et créent des écoles privées du niveau secondaire et même universitaire. Ceci est très fréquent dans les milieux où dominent les Eglises adventiste et Catholique. Le pouvoir public fait la même chose en créant les écoles par Mairie dans l'objectif d'approcher les écoles aux domiciles des élèves. Ceci diminue les dépenses des voyages et d'internat. Vraisemblablement, tout Rwandais est animé de l'esprit de s'améliorer intellectuellement. Et le pouvoir public encourage cette attitude en accordant des prêts aux intéressés quels que soient leurs âges. À faire remarquer que par tout où on trouve une école (primaire, secondaire, universitaire), les parents ont des représentants dans la gestion de cette institution. En effet, la société a une main mise sur l'éducation de leurs enfants.

En ce qui concerne la fréquentation scolaire, un rapport unique de la direction de l'enseignement primaire au Rwanda est en notre disposition. Il est stipulé qu'à peine 3 enfants d'âge scolaire sur cinq fréquentent l'école primaire. Et 71 % d'élèves en âge de fréquenter l'école primaire, inscrits en première année, seuls 14 % d'élèves de sixième année ont réussi en 2002 à l'examen national d'entrée à l'école secondaire (MINEDUC, 2002).

## **2. Comportements souhaités chez les vendeurs et acheteurs**

-Chaque vendeur devrait collecter des déchets dans les poubelles.

-Chaque vendeur devrait évacuer les feuilles de bananier utilisées vers un endroit de compostage.

-Après le marché, les vendeurs transporteraient ces poubelles à des endroits prévus pour décharge publique.

-Les vendeurs de fruits devraient mettre les épluchures des fruits dans les poubelles et les jeter par après dans les endroits de compostage.

-Les sachets en plastic utilisés par des vendeurs des vêtements devraient être récupéré pour recyclage si possibilité il y a.

- Les vendeurs de canne à sucre devraient balayer leurs lieux de travail après le marché et jeter les déchets dans les endroits de compostage prévu à cet effet.
- Les épiciers et les restaurateurs devraient aussi prévoir où composter les déchets ou transporter les déchets solides à un endroit prévu pour le traitement ultérieur.
- Les restaurateurs devraient composter les déchets végétaux provenant de leurs cuisines.
- Les vendeurs de viande devraient creuser des fosses pour y verser le sang des animaux.
- Les acheteurs devraient utiliser les poubelles et y jeter chaque fois les déchets.
- Les menuisiers devraient utiliser les restes de bois pour le chauffage à la maison.
- Les menuisiers devraient minéraliser les jardins avec les sciures de bois.
- Les utilisateurs des moulins devraient bien récupérer les restes des céréales et poussières de farines pour alimenter le bétail et la volaille.

### **3. Stratégies didactiques proposées**

Deux actions concrètes serviront de stratégies didactiques : une campagne de sensibilisation de la population environnant le marché de Mugonero, et la mise en place d'un comité de gestion des déchets au sein même du marché. En outre, des formations seront organisées à l'intention des enseignants, des administrateurs locaux et des pêcheurs de la région côtière du lac Kivu.

#### **3.1. Tenue de campagnes de sensibilisation de la population**

Dans les campagnes de sensibilisation, des causeries éducatives seront organisées à l'intention de la population et par secteurs. Quelques thèmes pourront être développés. Exemple : gestion des déchets domestiques, hygiène, utilisation de l'eau, Comment réduire les rejets de matières polluantes ? (ORZAGH, 1998).

D'une part, on peut par exemple ;

- faire le tri des déchets.
- faire le compostage des déchets et les rentabiliser en fertilisant les cultures.
- utiliser des lessives sans phosphate,
- encourager l'agriculture biologique,
- verser les produits toxiques (peintures, huiles de vidange ,les déchets ménagers...) dans les poubelles prévues) et en évitant de les vider dans la nature.
- D'autre part, pour économiser l'eau dont nous disposons, on peut mettre en évidence différentes manières de faire :

Exemples :fermer le robinet en se lavant les dents (6 litres/minutes économisés) ou quand on vient de remplir la calebasse. Ne jamais laisser couler l'eau après avoir puisé l'eau.

Ne jamais se laver les pieds ou faire la douche sous le robinet public ou celui de la maison.

Utiliser dans ces cas des récipients remplis d'eau.

Utiliser toujours des récipients d'eau comme abreuvoir des bovins.

-Récupérer l'eau de pluie et s'en servir pour l'arrosage du jardin...

Ici on parlera du bien fondé et des conséquences de la gestion bonne ou mauvaise des déchets. Des explications sur l'impact de la gestion des déchets sur la santé humaine seront fournies.

Exemples :

- a. L'abandon des déchets organiques à différents endroits du bassin versant permet le développement d'une quantité d'animaux nuisibles pour l'homme : les mouches, moustiques et les vers...
- b. La récupération, le triage et le compostage des déchets organiques permettent au contraire de fabriquer une matière fertilisante qui peut être distribuée dans le terrain agricole.

### 3.2. Mise sur pied d'un comité de gestion des déchets

La mise en place d'un comité de gestion des ordures des marchés s'avère nécessaire pour permettre un suivi continu de son état hygiénique.

Il aura pour fonctions principales de soumettre des propositions de gestion des déchets à la Mairie. (Règles d'hygiène, montant des amendes et primes, nombre des membres du comité et leurs remplacements, modalités de travail, états de besoin et budget de fonctionnement, etc).

Ce comité sera composé des élus des différents villages exploitant le marché. Il est facile à comprendre qu'il mettra en place le règlement à respecter. Ce règlement doit prévoir essentiellement des amendes aux vendeurs qui laissent traîner la saleté autour d'eux mais aussi pourra prévoir des récompenses à ceux qui respectent le règlement ; exemple :réduction des taxes. Il assurera également un contrôle permanent sur place. Il soumettra régulièrement des rapports à l'autorité de la Mairie.

Ce comité sera approuvé, supervisé, et payé par l'administration de la Mairie locale et du District sanitaire le plus proche.

L'autorité de la Mairie qui reçoit les taxes des marchés devra fournir le matériel ; les brouettes, les poubelles, les houes, les bêches...

Il est de la responsabilité de la Mairie de creuser les fosses de compostage, des lagunes et de prévoir les moyens de transport de ces déchets aux différents lieux de compostage ou de traitement ad hoc.

### 4. Outils didactiques de sensibilisation dans les écoles secondaires

Ici, nous envisageons la mise sur pied d'un outil didactique. Il est destiné aux élèves du secondaire et aux étudiants du supérieur et dont l'objectif principal est de mieux faire connaître leur environnement, la fragilité des équilibres dans les cours d'eaux et les impacts négatifs que l'activité humaine peut avoir sur ces écosystèmes. En outre, dans notre objectif, les élèves et les étudiants seront utilisés comme vecteurs de changement de comportement de leurs parents et des administrateurs locaux.

Vu que l'enseignement primaire au Rwanda prévoit dans le programme, le cours intitulé « Etude du milieu » (MINEDUC, 2002), l'outil didactique que nous proposons aux élèves de l'école secondaire, est une continuité des notions antérieurement vues. Ce matériel didactique comprend différentes activités qui s'organisent entre elles pour former une base solide d'apprentissage chez les jeunes.

Plusieurs auteurs ont traité ce sujet d'éducation à l'environnement notamment ; COBB (1959), FREIRE (1985), ITTELSON (1978), LUCAS (1980) proposent les principes et enchaînement à suivre pour élaborer un outil didactique BOUQUET *et al.*, (1998) dont l'élaboration est adaptée à nos milieux scolaires.

Cet outil est élaboré en trois étapes :

Motivation/ Constat/ Actions.

#### **4. 1. Première étape : *divers modes de motivation***

##### **4.1.1. *Motivation par questionnements.***

Durée :2 heures et quinze minutes.

Niveau d'études : secondaire.

Cette étape vise à motiver les élèves du secondaire à s'intéresser à leur environnement et à connaître l'état actuel de propreté des écosystèmes aquatiques pour y apporter des solutions.

Pour commencer on peut par exemple poser tels types de questions :

Qu'est –ce que vous aimeriez faire dans votre rivière ?

Réponses possibles :

L'eau de notre rivière peut servir de consommation.

L'eau de notre rivière est utilisée dans le loisir (baignade).

L'eau de notre rivière est utilisée pour l'abreuvement des bovins.

L'eau de notre rivière est utilisée pour l'aquaculture.

L'eau de notre rivière est utilisée pour l'irrigation des champs.

Etc.

Qu'est –ce qui arriverait si on y jetait des déchets du village où de la ville ?

Réponses possibles :

L'eau devient sale.

L'eau devient nuisible à la santé de l'homme et du bétail.

L'eau change graduellement la coloration.

On s'y baigne plus.

L'eau est envahie par les végétaux qui gênent la circulation des pirogues.

On y pêche plus des poissons comme d'habitude.

Etc.

À quels endroits avez-vous vu sur le lac Kivu où l'on jette d'habitude les déchets ?

On a l'habitude de jeter les déchets dans les baies situées près des marchés et des écoles.

L'enseignant peut organiser une visite à un marché situé près du lac Kivu.

Consignes de travail et activités à faire réaliser :

Répartir les élèves en groupes selon leur affinité.

Faire dessiner un plan d'installation du marché en montrant les activités qui s'y déroulent.

S'il y a une rivière, montrer sa position géographique par rapport au marché et estimer la distance qui la sépare du lac.

Décrire l'état de propreté du marché ;

Décrire l'état de propreté de la rivière. Décrire l'état de la propreté de la baie.

Retour en classe et présentation des rapports des groupes.

Comme conclusion,

Une eau devient polluée lorsque la rivière est considérée comme une poubelle du quartier, du marché...

Lorsque les déchets sont continuellement jetés en quantités excessives dans l'eau (de la rivière), elle devient eutrophisée.

Comme application :

Définir une pollution.

Définir une eutrophisation.

#### 4.1.2. Motivation par expérience

##### *Phosphates et les nitrates : quelles actions sur l'environnement ?*

**Objectifs :** réaliser une expérience pour mettre en évidence les problèmes causés par la pollution liée aux produits chimiques.

Réfléchir à leurs impacts sur l'environnement et à des solutions alternatives.

**Matériels :** 3 pots en verre identiques, des herbes aquatiques (élodées ou lentilles d'eau, fournies par un magasin d'aquarium ou trouvées dans la mare). 2 cuillerées à dessert de nitrate d'ammonium solide et 2 cuillerées à dessert de phosphate de potassium solide. Du gravier, papier, crayon.

**Déroulement :**

. Placer rigoureusement la même quantité d'eau, de gravier et d'herbes aquatiques dans les 3 bocaux. Verser une cuillerée de nitrate dans le premier et une cuillerée de phosphate dans le second flacon. Le 3e servira de témoin. Placer les 3 récipients dans les mêmes conditions sur l'appui d'une fenêtre afin que chacune reçoive la même quantité de lumière.

. Examiner et noter les changements tous les jours. Après 4 jours, verser dans les 2 premiers bocaux une deuxième cuillerée des mêmes produits.

. Après combien de temps une nouvelle plante apparaît-elle (il s'agit d'une algue, colorant l'eau en vert), dans quel pot ? Que se passe-t-il pour l'élodée ou les lentilles d'eau ? Qu'advient-il au bout d'un certain temps ?

De la même manière, l'excès de phosphate et de nitrate dans l'eau a pour conséquence le développement excessif de certaines plantes qui risquent d'étouffer les cours d'eau ou les lacs (manque de lumière, d'oxygène, il s'agit d'un phénomène d'eutrophisation).

**Application :** repérer dans les environs des cours d'eau, des mares, des étangs, où des algues se sont développées d'une façon anormale et tenter d'en définir la cause.

Enquêter sur les marées vertes qui se développent en été sur les plages. Ces observations peuvent être confirmées par une analyse biologique.

#### 4. 2. Deuxième étape : *du constat à la recherche des origines d'eutrophisation.*

Durée : 2 heures 15 minutes.

Niveau d'études : secondaire.

Cette étape vise à :

- Favoriser l'expression des émotions et des perceptions des jeunes pour définir ce qu'est une eau polluée ou eutrophisée.
- Essayer de classer les différents types de pollutions observées.
- Identifier les différentes origines de pollutions.
- Dresser, un tableau associant les différentes pollutions à leurs origines.

Consignes de travail :

Le maître pose des questions d'éveil d'intérêt au nouveau sujet :

Exemples :

Exprimer dans vos propres mots les critères caractéristiques d'une eau polluée ?

Réponses possibles :

Je ne la bois pas.

Je ne m'y baigne pas.

Sa couleur et son odeur ne sont pas bonnes.

La végétation qui y pousse est appelée « fleur d'eau ».

Discuter avec les élèves ces critères mentionnés.

Le Maître peut organiser une sortie avec les élèves au lac Kivu à une baie située tout près d'un marché.

Consignes de travail :

Les élèves sont répartis en groupes de 5 selon leur affinité.

Un premier groupe schématise les activités se déroulant sur le bassin versant.

Un autre récolte les échantillons dans l'eau du lac.

Disposer un matériel pour dessiner, prendre des photos et récolter des échantillons.

Se munir d'un habillement imperméable à l'eau.

Placé au bord du lac, observer le bassin versant, dessiner sur un papier les différentes activités qui s'y déroulent.

Exemples : commerce au bord du lac, vente de lait dans une laiterie, évacuation des égouts de la prison par une rivière les drainant dans le lac, fertilisation par les engrais chimiques d'une petite plantation de caféier et des bergers qui gardent leurs troupeaux au bord du lac.

Récolter les échantillons des éléments organiques et inorganiques trouvés dans l'eau.

Vous pouvez trouver par exemples :

des huiles, des graisses, des végétaux, du sang, de la bouse, des morceaux de viande, des cornes,

À l'embouchure de la rivière, il y a une accumulation de sable et changement de couleur de l'eau.

Dresser un tableau où vous faites correspondre chaque élément identifié à une activité se trouvant au bassin versant.

Pour vous aider, répondez chaque fois à cette question pour bien compléter le tableau qui va suivre.

Cet élément récolté est lié à quelle activité se déroulant au bassin versant ?

À titre d'exemple ;

Tableau 5 : *Essaie de couplage des activités à leurs éléments eutrophisants*

<b>Activités</b>	<b>Éléments eutrophisants</b>
Vente des bananes	a. Tiges des bananes
Abattoir des animaux	b. sang, les cornes, morceau de viande, peau.
Rejet des eaux ménagères	c. huiles
Vente de lait dans une laiterie	d. graisses
L'élevage	e. bouse
Aménagement d'un barrage, agriculture	f. sable et coloration jaune
Hôpital, une activité humaine	g. les germes pathogènes.
Etc.	...

Réorganisons autrement notre tableau.

Mettons ensemble les éléments eutrophisants de même type (ou appartenant au même groupe organique) et déterminons les types de pollutions existant dans notre lac.

Tableau 6 : *Types de pollutions et leurs origines*

Éléments eutrophisants	Activités dans B.V.	Types de pollution
a, b, c, d, e,	commerce, activité domestique , élevage	Pollution organique.
f,	Agriculture, aménagement d'un barrage	Augmentation de la turbidité, augmentation des nutriments.
g	hôpital	bactériologique

Tableau 7 : *Tableau de synthèse réalisée par ailleurs. D'après BOUQUET et al., (1998).*

Classification des pollutions	origines	Constituants
1.Organiques	A. Laiteries, abattoirs...	glucides, excréments, protéines
idem	B. Eaux ménagères	lipides, corps gras (huile, savon, graisses...)
idem	C. Industries textiles, chimiques, agricoles	détergents, phénol, hydrocarbures, engrais synthétiques (phosphates, nitrates, herbicides, insecticides)
2. Bactériologique	D. Activités humaines et animales, hôpitaux	streptocoques fécaux, salmonella, ...
3.Augmentation de la turbidité	E. carrière, champs érodés.	sable, terre.

#### 4.3. Troisième étape : *activités didactiques.*

Dans cette étape, il est prévu quelques activités à mener avec les élèves ou avec les étudiants.

- **Première activité : étude comparative des macro- invertébrés se trouvant dans l'eau d'une rivière polluée ou eutrophisée avec ceux se trouvant dans un tronçon de rivière non pollué ou non eutrophisé.**

Durée : 6 h 30 (trois périodes de deux semaines successives).

Niveau d'études : secondaire et universitaire.

Cette étape doit permettre aux élèves et ou aux étudiants de caractériser les eaux polluées ou eutrophisées par l'analyse des macro- invertébrés qui l'habite.

Le Maître fait un rappel sur les substances organiques qui étaient identifiées.

Pour permettre aux élèves et ou aux étudiants d'entrer dans le bain du nouveau sujet, il leur pose des questions de motivation.

Par exemple : à part les substances organiques identifiées, quels organismes aviez-vous vu, mais que vous n'aviez pas récolté ?

Réponses possibles :

J'ai vu des insectes.

J'ai vu des mollusques.

J'ai vu des vers de terre.

J'ai vu des crevettes.

J'ai vu des asticots ...

L'enseignant peut organiser une sortie avec les élèves ou avec les étudiants. Il choisit au bord d'un cours d'eau, une zone en aval et en amont de l'école (premier groupe), de l'hôpital (deuxième groupe), du marché (troisième groupe) et des habitations (quatrième groupe).

Consignes de travail :

Décrire le terrain que traverse la rivière et les activités économiques et humaines présentes.

ROUSSELET *et al.*, (1993) donne un bon exemple de description du milieu d'étude. Essayer de le faire dans ton rapport :

Dresser un tableau général, y indiquer quelques données du milieu et les mesures momentanées du milieu visité.

Tableau 8 : *Exemple de description d'un milieu d'étude* d'après ROUSSELET *et al.*, (1993).

<b><u>Tableau général</u></b>	
Mairie : ...	Mesures momentanées :
Secteur : ...	Date : ...
Altitude : ...	Température de l'air : ...
Aspect général du milieu : ..	Direction du vent : ...
( végétation prédominante)	
Pente du terrain : ... %	
Exposition du terrain : ...	
Superficie approximative : ...	
Rédiger une brève description du terrain ; (son échelle et la référence de la carte)	
.....	
.....	
.....	
Pour présenter un rapport impeccable, faites aussi le croquis de ce terrain visité.	
Y inscrire les indications utiles, exemples : orientation du croquis par rapport au lever du soleil (Nord et Sud), les constructions importantes et autres éléments très remarquables qui s'y trouvent. Ne pas oublier d'indiquer l'échelle de votre schéma !	

Ensuite,

Aller récolter les macros invertébrés dans l'eau, ils te permettront de déterminer l'état biologique de la rivière.

Ces animaux se trouvent sur et sous les pierres, cailloux, graviers, sables et végétaux...là où le courant est rapide ou lent. Les organismes sont récoltés par pêche au troubleau. L'ouverture du troubleau doit être tournée vers l'amont. Bien appuyer verticalement sur le fond de la rivière. Agiter le fond avec le pied devant l'ouverture du troubleau. Le matériel récolté dans le filet haveneau est transféré dans des pots hermétiques (volume plus ou moins de 3 l). L'échantillon peut être fixé au formol dilué à 5 %, ou mieux ramené vivant et examiné le jour même jour.

Le tri est effectué au laboratoire au moyen du matériel suivant :

- un grand bassin blanc rectangulaire (52 x 36 x 9 cm) ou un petit aquarium pour l'observation des organismes.
- un petit bassin rectangulaire (19 x 15x 2 cm).
- deux pinces
- des flacons de 25 à 30 CC pour la séparation des organismes contenant du formol à 5 %.

Après la récolte des animaux, la détermination est effectuée au laboratoire, au moyen d'une loupe binoculaire (10 x 1 à 10 x 4). Pour te faciliter la tâche, un document mieux indiqué de MICHA et NOISET (1982) est à ta disposition.

Demandes-le à votre enseignant. Dans ce document se trouvent les critères clés de chaque groupe taxonomique. Ce qui est plus avantageux pour toi, il y a des dessins prévus qui te permettront d'identifier facilement les macros invertébrés. Tu n'as pas besoin d'identifier tous les échantillons jusqu'au niveau des espèces. Le même document indique les limites de détermination selon la méthode de TUFFERY et VERNEAU (1967).

Le tableau ci-après te donne les limites de détermination. Attention, certains macros invertébrés ne se trouvent que dans les régions tempérées. Mais ce document t'aidera. En attendant une mise au point des méthodes adaptées au Rwanda pour l'identification des macros invertébrés et à l'évaluation de la qualité des eaux, pour l'instant, utilisons ce qui est à notre disposition. As-tu identifié certains, lesquels ?

Mets-les sur liste par ordre de sensibilité à la pollution et indiquer le nombre des macros invertébrés que tu identifies pour chaque taxons.

Tableau 9 : *Limites de détermination selon TUFFERY et VERNEAU (1967)*

ORDRES	Unités systématiques (Limites de précision de la détermination)
Plécoptères	Genre
Trichoptères	Famille ou genre selon le cas
Éphéméroptères	Genre
Odonates	Genre
Coléoptères	Famille
Mollusques	Genre ou espèce selon le cas
Crustacés	Famille
Mégaloptères	Genre
Hémiptères	Genre
Diptères	Famille
Planaires	Genre ou espèce selon les cas
Huridinés	Genre ou espèces selon les cas
Oligochètes	Famille ou présence
Nématodes	Présence
Hydracariens	Présence

Comme le travail d'identification est terminé, comparer les résultats du tronçon non pollué et le tronçon pollué. Du point de vue abondance et diversité taxonomique, y'a-t-il des changements, lesquels ? Dans les pays européens, on poursuit ce travail en déterminant l'indice biotique.

À quoi sert-il ? D'après les mêmes auteurs, gradué de 0 à 10, l'indice biotique permet d'établir une échelle approximative de pollution qui peut judicieusement compléter les constats chimiques.

L'indice 10 caractérise une eau de très bonne qualité, l'indice 0 une eau très polluée et toxique. Les eaux potables ont un indice biotique compris entre 6 et 10.

Comment l'établir ? Bien se référer au tableau standard suivant :

Tableau 10 :

Tableau standard de détermination d'indice biotique d'après TUFFÉRY et VERNEAUX (1967).

I Groupes Faunistiques	II Sous-groupes, selon nombre d'Unités systématiques (U.S.) rencontrés.		III Nombre total des unités systématiques présentes				
			0-1	2-5	6-10	11-15	16 et +
1 Plécoptères ou Ecdyonuridae	1	+ d'une U.S.	-	7	8	9	10
	2	1 seule U.S.	5	6	7	8	9
2 Trichoptères à fourreau	1	+ d'une U.S.	-	6	7	8	9
	2	1 seule U.S.	5	5	6	7	8
3 Ancyliidae ou Ephéméroptères (sauf Ecdyonuridae)	1	+ de 2 U.S.	-	5	6	7	8
	2	2 ou - de 2 U.S.	3	4	5	6	7
4 Aphelocheirus ou Odonates ou Gammaridae ou Mollusques (sauf Sphaeriidae)	0	Toutes les U.S. ci-dessus absentes	3	4	5	6	7
5 Asellus ou Hirudinae ou Sphaeriidae ou Hémiptères (sauf Aphelocheirus)	0	Toutes les U.S. ci-dessus absentes	2	3	4	5	-
6 Tubificidae ou Chironominae des groupes thummi et plumosus	0	Toutes les U.S. ci-dessus absentes	1	2	3	-	-
7 Eristalinae	0	Toutes les U.S. ci-dessus absentes	0	1	1	-	-

Voici la procédure à suivre étapes par étapes :

a) classer les animaux collectés (larves d'insectes, mollusques, invertébrés...) selon les catégories suivantes et en ordre indiqué ci-dessous :(voir la colonne 1)

Groupe 1 : les plécoptères, les éphéméroptères (ecdyonuridés).

Groupe 2 : les trichoptères à fourreaux.

Groupe 3 : les ancyliidés (mollusques), les éphéméroptères (sauf ecdyonuridés)

Groupe 4 : les odonates, les aphélochéirus (hémiptères), les physes (mollusques),  
les gammaridées ( crustacées).

Groupe 5 : les sangsues, les sphaeridés (mollusques), les aselles (crustacés), les hémiptères  
(sauf les aphélochéirus).

Groupe 6 : les tubifex (annélides), les chironomes (diptères).

Groupe 7 : les éristales.

La classification des groupes 1 à 7 se fait selon leur tolérance croissante à la pollution

( organique). Les groupes 1 à 3 sont les plus exigeants quant à la qualité des eaux ou sont très sensibles à la pollution.

b) établir un tableau à double entrée en tenant compte du nombre d'animaux appartenant à un même groupe. Considérer pour ce cas de IB, au moins deux individus vaut une unité systématique.

Plus on a collecté les animaux dans les groupes 4,5,6,7, plus l'eau est polluée. Dans ces groupes, on trouve davantage même les mangeurs des excréments. Même s'il n'est pas possible de donner une cote précise d'indice biotique, ce classement te donne une idée de la qualité des eaux de la rivière dans un milieu comme le Rwanda.

c) subdiviser les groupes 1,2,3 en deux sous-groupes :1 et 2 (voir la colonne II du tableau standard d'après TUFFÉRY et VERNEAUX (1967). Le chiffre 1 correspond à plus d'une unité systématique que l'on rencontre dans l'échantillon.

Lire (+ d'une U.S). Le chiffre 2 se met dans la ligne à une seule unité systématique.

Lire également (1 seule U.S).

d) établir cinq classes d'abondance selon le nombre total d'unités systématiques présentes dans l'échantillon. Voir le compartiment III du tableau standard.

Ici, on répond à la question de savoir combien y a-t-il de sorte de bestioles dans ce qu'on a récolté ? ça peut -être de : 0 à 1, 2 à 5, 6 à 10, 11 à 15, 16 et plus.

Les classes d'abondance amorcent cinq colonnes verticales qui recoupent les rangées horizontales correspondant aux groupes et sous-groupes faunistiques.

e) Lire les points d'intersection (de regroupement) des colonnes verticales et horizontales qui sont les indices biotiques attribués aux divers types de biocénoses rencontrées.

Prenons un exemple pour illustrer ce mode de calcul de l'indice biotique.

Dans le tableau X d'après TUFFÉRY et VERNEAU (1967) à la page 10, figurent les principaux constituants faunistiques, récoltés en 7 points d'étude de la rivière l'Essonne. Pour chaque station inventoriée, on a distingué le faciès lotique (c) et le faciès lentique (1). On commence par rechercher dans les relevés faunistiques de chaque point d'étude s'il existe des représentants des groupes faunistiques hiérarchiquement les plus élevés du tableau standard.

Existe-il des Plécoptères ou Ecdyonuridae ( groupe I) sur la liste d'identification ?

S'ils sont absents, on se pose la même question pour les trichoptères à fourreau (groupe II).

Voir le tableau ad hoc.

Dans les stations 1c et 11 de l'Essonne, on n'a pas récolté ni Plécoptères, ni Ecdyonuridae, mais en revanche on a trouvé une famille ou une unité systématique de Trichoptères à fourreau. Comme c'est la seule unité systématique rencontrée appartenant au groupe faunistique n°2 du tableau standard, la qualification faunistique de l'échantillon correspond au sous-groupe 2. C'est donc sur la rangée horizontale du groupe 2-2, du tableau standard qu'il faut rechercher l'indice biotique correspondant. Ensuite, on calcule le nombre total des unités systématiques présentes dans l'échantillon ; le nombre total d'unités systématiques est 13 dans 1c et 11. Ceci nous reporte à la colonne verticale « 11-15 » du tableau de calcul.

L'indice biotique correspondant au niveau faunistique 2-2 et au nombre total d'unités systématiques compris entre 11 et 15, est 7. Cette valeur indique une valeur de bonne qualité, non polluée.

### Faisons un autre exercice :

Voici une liste des macro invertébrés récoltés dans un des quelques points d'étude d'une rivière Y.

Tableau 11 : *Exercices de calcul de I.B.*

Familles et espèces	A	B	C	D	E	F	G
<b>TRICLADES</b>							
<i>Dugesiiidae</i> : <i>Dugesia</i> spp.	3						
<i>Planariidae</i> : <i>Polycelis</i> spp.							1
<b>ANNELIDES OLIGOCHETES</b>							
<i>Lumbriculidae</i>	6	8	5		+ de 3	5	5
<i>Lumbricidae</i>	2		3				1
<b>ANNELIDES HIRUDINEES</b>							
<i>Erpobdellidae</i> : <i>Erpobdella</i> spp.	3	3	3		3	3	3
<i>Glossiphoniidae</i> : <i>Helobdella stagnalis</i> (L.)			3	3	3	1	
<i>Piscicolidae</i> : <i>Piscicola geometra</i> (L.)		2					
<b>MOLLUSQUES GASTEROPODES</b>							
<i>Viviparidae</i> : <i>Viviparus</i> spp.						2	
<i>Viviparidae</i> : <i>Valvata</i> spp.							2
<i>Bithyniidae</i> : <i>Bithynia</i> spp.							2
<i>Hydrobiidae</i> : <i>Potamopyrgus</i> spp.							2
<i>Lymnaeidae</i> : <i>Lymnaea</i> spp.	3	3		1	2		1
<i>Ancylidae</i> : <i>Ancylus fluviatilis</i> (Müller)	3	3	1				2
<b>MOLLUSQUES BIVALVES</b>							
<i>Sphaeriidae</i> : <i>Sphaerium</i> spp.	3				2	4	2
<i>Unionidae</i> : <i>Unio</i> spp.						3	4
<b>ARACHNIDES</b>							
<i>Hydracariens</i>							3
<b>CRUSTACES ISOPODES</b>							
<i>Asellidae</i> : <i>Asellus</i> spp.		5		1	+ de 3	5	1
<b>CRUSTACES AMPHIPODES</b>							
<i>Gammaridae</i> : <i>Gammarus</i> spp.	11	10	10	1			4
<b>CRUSTACES DECAPODES</b>							
<i>Astacidae</i> : <i>Orconectes limosus</i>						1	
<b>INSECTES EPHEMEROPTERES</b>							
<i>Ephemeridae</i> : <i>Ephemera</i> spp.	3					4	
<i>Heptageniidae</i> : <i>Heptagenia</i> spp.	3						
<i>Heptageniidae</i> : <i>Ecdyonurus</i> spp.	3						
<i>Baetidae</i> : <i>Baetis</i> spp.	3		1			5	2
<i>Baetidae</i> : <i>Cloeon</i> spp.		4			+ de 3		
<i>Ephemerellidae</i> : <i>Ephemerella</i> spp.	3		1				2
<i>Leptophlebiidae</i> : <i>Habroleptoides modesta</i>	3						
<b>INSECTES ODONATES</b>							
<i>Coenagrionidae</i> : <i>coenagrion</i> spp.					2		
<i>Calopterygidae</i> : <i>Calopteryx</i> spp.							1
<b>INSECTES COLEOPTERES</b>							
<i>Elmidae</i> : <i>Elmis</i> spp.	3						2
<i>Dytiscidae</i>					2		
<b>INSECTES TRICHOPTERES</b>							
<i>Sericostomatidae</i>					3		
<i>Rhyacophilidae</i>	3						1
<i>Hydropsychidae</i>	3	3					2
<i>Lepidostomatidae</i>							1
<i>Odontoceridae</i>							1
<i>Limnephilidae</i>	3		1		1		3
<b>INSECTES DIPTÈRES</b>							
<i>Simuliidae</i>	3	3				3	3
<i>Ceratopogonidae</i>							2
<i>Tipulidae</i>		1		1	2	1	
<i>Limoniidae</i>	3	3		3			1
<i>Empididae</i>							2
<i>Chironomidae</i>	3	3	12	10	+ de 3	5	3
<i>Athericidae</i>	3	3					
<i>Blephariceridae</i>					3	3	1
<b>INSECTES MEGALOPTÈRES</b>							
<i>Sialidae</i> : <i>Sialis</i> spp.	3				3	1	1
<b>INSECTES HEMIPTÈRES</b>							
<i>Corixidae</i> : <i>Sigara</i> spp.					5	1	1
<i>Notonectidae</i> : <i>Notonecta</i> spp.					3	1	

TOTAL – Unités Systématiques (IB)=	24	14	6	3	17	12	19
Groupe indicateur	a	b	c	d	e	f	g
I.B.=	10	6	5	3	8	6	8
TOTAL –Diversité Taxonomique (IBGN)=	22	15	9	7	17	17	30
Groupe indicateur=	A*	B*	C*	D*	E*	F*	G*
I.B.G.N.=	13	7	4	3	11	11	

*a= Heptagenidae, b=Ancylidae, c= Gammaridae, d=Chironomidae, e=Sericostomatidae, f=Ephemeroptère, g=Limnephilidae*

*A\*=Leptophlebiidae, B\*=Hydropsychidae, C\*=Gammaridae, D\*=Chironomidae, E\*=Sericostomatidae, F\*= Ephemeridae, G\*= Limnephilidae.*

**Tu peux faire un autre exercice :**

Lequel de ces graphiques illustre les conséquences de l'eutrophisation ?

D'après BOUQUET et al., (1998).

Justifie ta réponse.

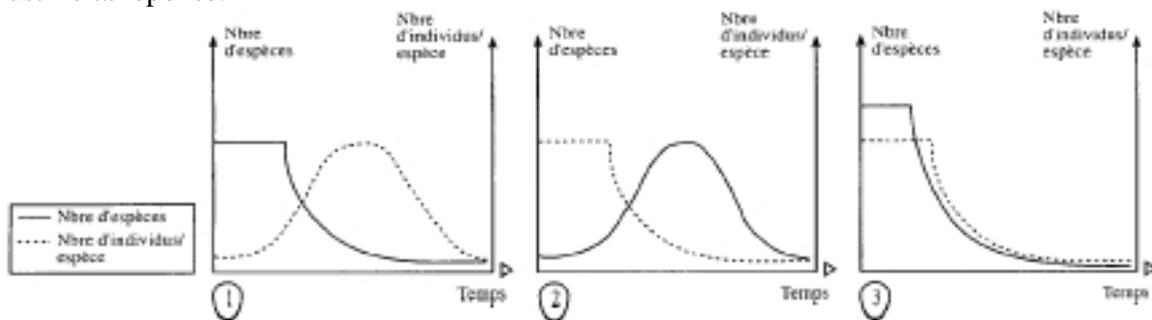


Figure 21 : Illustration graphique du mécanisme d'eutrophisation.

Explications :

---



---



---



---

Tu peux faire la même expérience avec les autres rivières de votre Mairie en calculant leurs indices biotiques.

Observation ; retenons qu'il y a des groupes qui ne supportent qu'une faible altération de l'eau. Les analyses ont montré que ce sont des Plécoptères, les Epheméroptères et les Trichoptères. Les plus résistants à la pollution sont les *Tubificidae* et les *Chironomidae*.

L'enseignant peut faire mener des recherches et organiser des exposés par groupes sur d'autres indices comme : indice biotique général normalisé (IBGN), indices bactéries, indices diatomées, analyses micro biologiques et indices poissons. De même, chercher les informations sur les classes de qualité physico-chimiques :clases de minéralisation, de matières azotées, phosphorées, de micro polluants minéraux et organiques (WINANTS,2002). Il peut même organiser une visite au lac pour récolter et faire une étude systématique des Macrophytes de la zone littorale.

#### 4.3.2. Deuxième activité : *traiter les eaux polluées.*

Est-il possible d'épurer notre eau ?

Vraisemblablement, il est facile de faire une prévention à la pollution ou à l'eutrophisation que de procéder aux traitements proposés par BOUQUET *et al.*, (1998).

Tableau 12 : *Traitements proposés à différents types de pollutions*

Type de pollutions	Traitement proposé.
Organiques d'origine type A.	Epuration biologique et traitement physico-chimique.
Organiques d'origine type B.	Lagunage, station d'épuration.
Organiques d'origine type C.	Lagunage, station d'épuration.
Bactériologiques	Filtration et stérilisation
Augmentation de la turbidité	Aménagement du bassin versant

#### 4.3.3. Troisième activité : *caractériser le cheminement des eaux usées.*

Objectifs :

- a) Tracer sur un papier un plan de cheminement des eaux usées de l'établissement et du quartier.
- b) Sensibiliser à la responsabilité individuelle face à la pollution et à l'eutrophisation de l'eau.

Durée : 6 heures (trois périodes de deux semaines successives).

Niveau d'études : secondaire et universitaire.

Consignes de travail :

Répartir les élèves et/ou étudiants en groupes :le premier groupe s'occuper du plan de réseau des eaux usées de l'établissement, le deuxième s'occupera de celui du quartier.

Activités des élèves ou les étudiants :

1. Suivre les tuyaux d'évacuation des eaux usées en partant de la cuisine, des douches et des dortoirs l'établissement jusqu'à l'extérieur.
2. Faire un plan sur papier avec des points de repères localisant les canaux des eaux usées de l'école ou ceux du quartier.
3. Les relever sur un plan, en reliant les différents réseaux d'ensemble de circulation des eaux usées.
4. Chercher comment sont évacués les eaux de pluie.
5. Se renseigner pour savoir si tous les canaux des eaux usées de l'école ou ceux du quartier sont raccordés à un réseau débouchant sur une usine d'épuration d'eau, dans le cas contraire, comment l'eau est-elle traitée ?
6. Enquêter auprès des services de l'hygiène la Mairie afin de connaître le devenir des eaux sales (existence ou non d'une station d'épuration ou d'un lagunage).
7. Réfléchir au moyen d'éviter de polluer l'eau et établir individuellement une résolution.

8. Faire un jeu de rôle en construisant collectivement un scénario racontant l'histoire d'une goutte d'eau : son captage, son utilisation, son passage dans les réseaux d'eaux usées, son épuration et sa restitution en milieu naturel. Personnaliser la goutte d'eau.

**4.3.4. Quatrième activité : proposer les conseils de pratiques d'usage quotidien pour diminuer les pollutions et l'eutrophisation provenant des égouts domestiques.**

Tableau 13 : *Conseils de pratiques d'usage quotidien pour diminuer les pollutions et l'eutrophisation provenant des égouts domestiques*  
d'après BOUQUET *et al.*, (1998).

Les rejets domestiques et leurs remèdes		
Les rejets domestiques	Conséquences des rejets	Des remèdes possibles
a. Phosphate (douche, lave-linge, lave-vaisselle...)	Eutrophisation du milieu aquatique. Maladie du sang, cancers, altération de la fonction thyroïdienne (homme).	N'attendez pas que les habits soient très souillés pour exiger à utiliser beaucoup de détergents ou tout simplement faire des lessives sans phosphates ; lessive biodégradable : zéolithes, citrates et soude. Ils sont facilement dégradables et ne sont pas toxiques d'après WINANTS (2002).
b. Désinfectants, nettoyeurs ménagers	- Idem	- Laver et aérer souvent.
c. Herbicides, pesticides, engrais chimiques.	- Toxique pour la faune et la flore aquatique.	- Utiliser les pesticides et herbicides avec modération. - Fabriquer du compost ou utiliser les engrais verts. - Pratiquer une agriculture biologique.
d. Peintures, solvants	- idem	- Mettre le produit dans un récipient et le laisser évaporer.
e. Huile de vidange (automobile)	- idem	- Utiliser les conteneurs de récupération d'huile se trouvant dans le garage.

#### 4.3.5. Cinquième activité : *Apprendre à traiter les eaux usées.*

Maintenant que vous êtes en mesure de tracer le schéma montrant le réseau d'écoulement des eaux usées du quartier environnant l'école et que vous savez repérer les habitations dont le système de canalisation des égouts domestiques n'est pas reliés à l'usine d'épuration de la Mairie, vous allez vous informer auprès de la Mairie pour savoir ce qu'elle prévoit faire pour résoudre ce problème. Pour plus des cas, la Mairie ne dispose pas de fonds prévu à cet effet. On peut leur proposer de créer des systèmes de lagunages au pied des montagnes de la colline et ceci en collaboration avec les Chefs des quartiers. Voir pages 26, 27, 28 et 29.

##### *Aménageons un système d'épuration biologique.*

Durée : une semaine.

Cette activité vise à montrer aux élèves ou aux étudiants comment diminuer les substances phosphorées et azotées dans les eaux usées avant de les évacuer dans les rivières ou baies du lac Kivu. Un poster (annexe 1) illustre bien l'aménagement d'un système d'épuration biologique.

Autres intervenants proposés à cette activité pour donner un coup de mains financier sont : l'administration de l'école, celle de la Mairie et les chefs des travaux du quartiers.

Consignes de travail :

Avoir la carte topographique réalisée lors de la sortie précédente.

Mener de discussion en groupe sur le bon emplacement des lagunes. Il devra être bien sûr au pied rejoignant les bassins versants et les montagnes. Pour faire un bon choix du milieu, compléter ce tableau.

Tableau 14 : *Type de vallées*

Type de vallée	Nature du sol	Moins perméable	+/- perméable	Très Perméable
-----	-----	-----	-----	-----

Laquelle des caractéristiques reprises en tête du tableau convient le mieux lors du choix d'emplacement de la lagune ? Utiliser les lettres reprises ci-après pour compléter le tableau ci-haut.

Il faut une vallée : a. en V tronquée légèrement et obliquement tronquée

b. en V arrondi c. très tronquée d. en V non tronquée

La nature du sol : a. argileux, b. sablonneux c. n'importe lequel

Quels sont les critères de choix de ce sol ?

a. un sol moins perméable b. un sol +/- perméable c. un sol très perméable.

Par la suite, il faut creuser trois bassins successifs :

Le premier servira d'amortissement et de dégraissage des eaux usées,

Le deuxième servira de décantation et de filtration

Le troisième complète le deuxième.

Certainement, vous aviez lu les textes de la page 26 à 28 et avec les schémas illustrant le système d'épuration, essayez de répondre à ces questions :

-Pour quelles raisons a-t-on creusé ces lagunes à cet endroit ? \_\_\_\_\_

-Comment les lagunes ont-elles été creusées ? -----

-Quelles mesures a-t-on utilisées ? -----

(longueur, largeur et profondeur)

-Quels sont éléments épurateurs dans ce système de lagunage ? -----

-Peut-être vous aviez eu l'occasion de visiter une usine d'épuration des eaux de votre Mairie, à l'aide d'un schéma expliquez en quoi votre lagune ressemble à cette usine

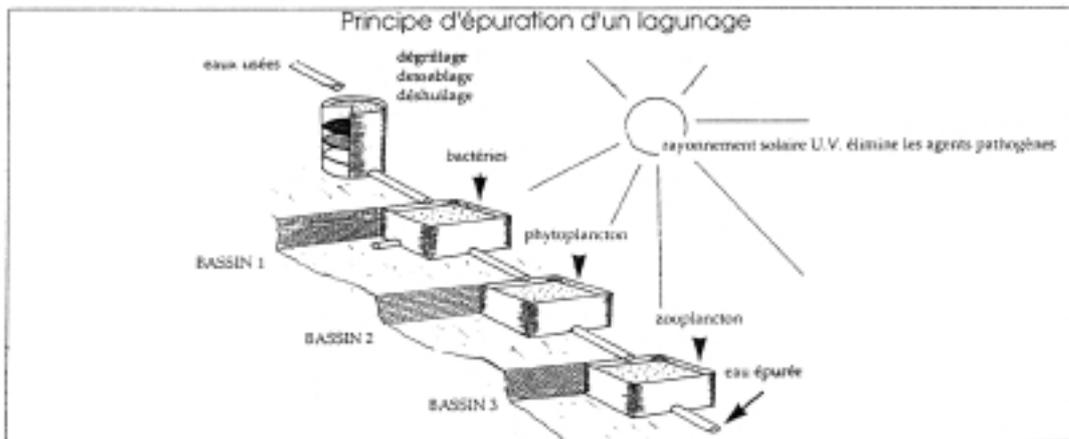
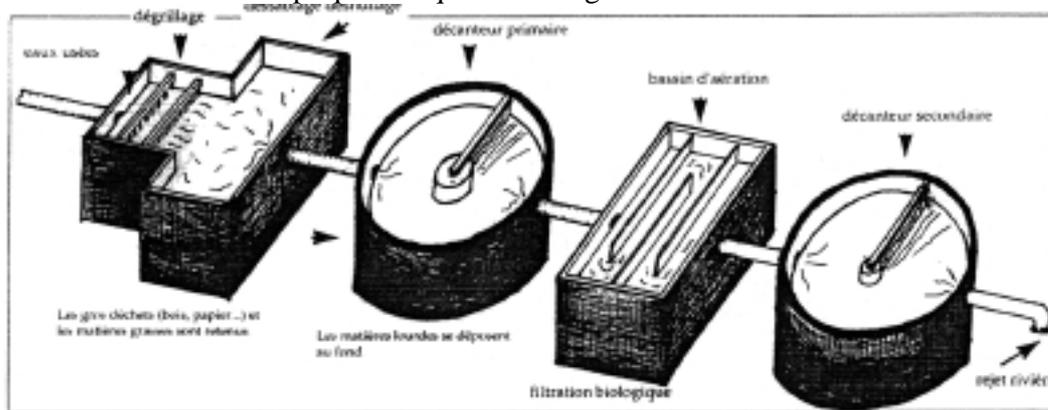


Figure 22 : Schémas comparatifs entre l'usine d'épuration et une lagune

Donnez les explications :

---

---

---

---

---

#### 4.3.6. Sixième activité : apprendre à trier les déchets.

Durée : 2 heures et quinze minutes.

Niveaux d'études : secondaire et supérieur.

Cette activité vise à initier les élèves et/ou étudiants au triage et à la gestion des déchets ménagers.

Consignes de travail : le Maître demande la permission à l'administration de l'école d'effectuer une visite à la cuisine avec les apprenants.

Les élèves prennent notes de leurs observations sans commentaire sur place.

Observer comment sont gérés les déchets ménagers.

Essayer de répondre alors à une série de questions. Pour y répondre l'enseignant répartit les élèves ou les étudiants en groupes. Par après, il suscitera des discussions dans la classe lors de la remise des rapports.

Les déchets de la cuisine peuvent se regrouper en deux catégories, lesquelles ?

Dresser un tableau où vous listez des déchets de la cuisine. Est-il possible de les rendre utiles ? Comment faire ?

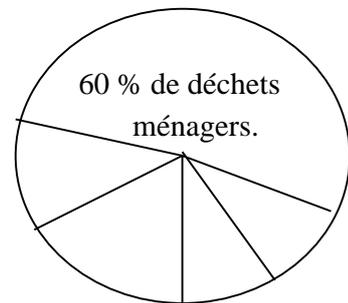
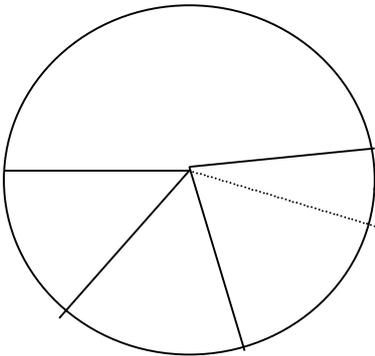
Quel traitement proposez-vous pour recycler ces différents déchets ?

Tableau 15 : *Types de déchets récoltés dans une cuisine*

Groupe A Déchets biodégradables	Groupe B Déchets non dégradables
Les épluchures de légumes, de fruits, les reliquats de repas, les coquilles des œufs écrasés...	Les boîtes de conserves, les bouteilles en plastique, bouteilles en verres, les emballages en carton pour les boissons (lait, jus de fruits...).

Peux-tu présenter sous un diagramme circulaire les proportions en volume des déchets trouvés ?

Exemple : 60 % des déchets ménagers.  
40% pour les autres.



Fait un autre diagramme circulaire selon tes observations.

On peut faire un triage des déchets à partir même de la cuisine.

Comment faire ? C'est très simple.

Prévoir une poubelle où vous jetez les déchets ménagers, une autre pour les bouteilles en plastiques, une autre pour les verres, une autre pour les emballages en carton et enfin une dernière pour les emballages métalliques.

Vraisemblablement, comme la cuisine se situe tout près du lac, il y a tendance à jeter ces déchets dans le lac. Pourtant nous devrions les rentabiliser en les utilisant autrement pour des fins utiles. Notre poster (annexe 2) illustre bien comment faire le recyclage des déchets.

Observer le attentivement (en groupes respectifs comme d'habitude) et expliquer le contenu de son message.

Qui veut le faire parler ?

Résumer en cinq lignes ce que vous ferez à la maison et des conseils pratiques que vous prodiguerez aux membres de votre famille en matière de gestion de tout type de déchets de la cuisine.

---

---

---

---

---

#### **4.3.7. Septième activité :**

***aménager un champ expérimental sur une pente en ravinement, réaliser une agriculture biologique, avec un amendement d'engrais verts.***

Durée : 10 heures

Niveau d'études : secondaire et ou universitaire.

Objectifs : comprendre l'importance d'une agriculture biologique et utiliser des engrais verts sur le bassin versant du lac Kivu.

Le champ présentera deux parties : A et B. Les activités seront menées parallèlement comme suit :

Préparer le terrain A

Planter les végétaux symbiotiques

Maïs et le soja

Fertiliser avec les engrais verts.

Entourer le terrain avec des

Bandes enherbées.

Protéger le terrain contre

Les érosion avec des avocatiers

Préparer le terrain B

Planter les végétaux non symbiotiques :

Manioc et igname.

Pas de fertilisation.

Non clôturé.

Pas de protection contre les érosions

Comparer la production de deux champs.

Que pouvez-vous en conclure ?

#### **4.3.8. Huitième activité : clôture, remise des rapports et sensibilisation des parents et autorités sur la prise en charge de leur environnement.**

Durée : 8 heures

Niveau d'études : secondaire et ou universitaire.

Objectifs : comprendre, débattre et défendre les intérêts dans le cadre d'une problématique liée à l'eau.

Consignes de travail : répartir les élèves ou étudiants en groupes représentant différentes

catégories d'acteurs simulant une réunion de conseil municipal sur la problématique liée à l'eau.

L'enseignant lance des invitations aux parents, aux autorités de la Mairie, aux différents agents des presses (écrites, radios et télévision).

Les élèves ou étudiants préparent les posters relatifs à leurs recherches : cartes montrant les origines des différentes pollutions, qualité biologique des différentes stations de la rivière du village, recyclage des déchets, système de lagunages, aménagement du terrain en ravinement et utilisation des engrais verts.

Tableau16 : *Fiche de préparation de l'enseignant*

Activités de l'enseignant	Déroulement et activités des élèves ou des étudiants.	Matériel
1. Préparer et distribuer les rôles.	Lister quelques catégories d'acteurs de la Mairie (Commerçants, industriels, agriculteurs, éleveurs, directeurs des écoles, associations pour la défense de l'environnement, les chercheurs...).	Papier, crayon
2. Réfléchir à un problème.	Soumettre à l'assemblée un projet ou un événement pouvant poser des problèmes (exemple : installation d'un abattoir d'une laiterie, une pollution d'eau, déversement des eaux usées dans la baie du lac Kivu...).	
3. Organiser un conseil de la Mairie	Réunir toutes les catégories en simulant une réunion du Conseil de la Mairie. Le rôle du Maire (animateur du débat) assuré par l'enseignant. Chaque groupe présente ses activités et leurs états d'avancement. Expliquer que tous sont réunis pour résoudre un problème lié à l'eau et proposer un plan d'action.	les cartes, les posters
4. Analyser les réactions	Demander à chaque groupe de réagir à propos de ce projet et événements rapportés. Se rendre compte que les différents acteurs ne perçoivent pas les problèmes de la même manière.	
5. Apprendre à concilier	À partir de cette analyse, chercher des solutions et observer dans quelle mesure il est possible de concilier les différents intérêts.	
6. Établir une charte	L'enseignant accorde la parole au Maire et lui propose de mettre en place une commission qui élaborera un règlement pour l'exploitation d'un environnement durable.	

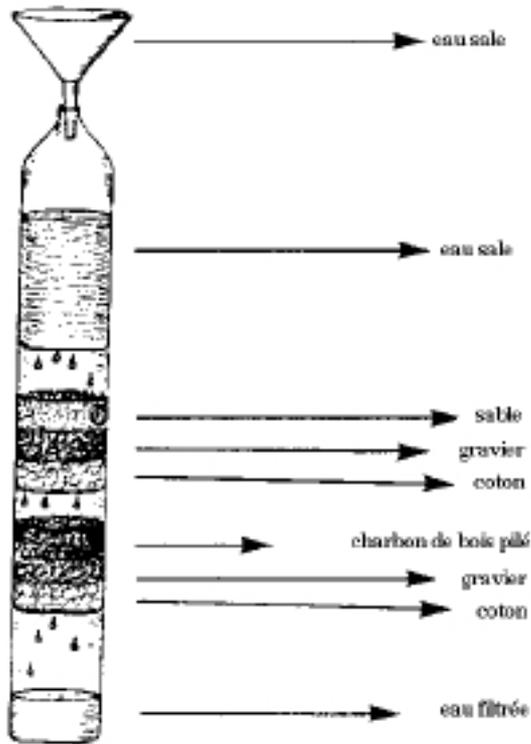
#### 4.3.9. Neuvième activité : *mener des expériences en classe pour appréhender différentes techniques d'épuration de l'eau.*

-Apporter de l'eau sale (eau boueuse, eau de vaisselle) et discuter avec les élèves les moyens de rendre cette eau « propre ».

-En fonction des observations et hypothèses proposées et retenues par les élèves, mettre en œuvre les expériences.

Quelques expérimentations sont proposées par BOUQUET *et al.*, (1998).

### Expérience 1 : le filtre à eau.



-Se procurer 4 bouteilles

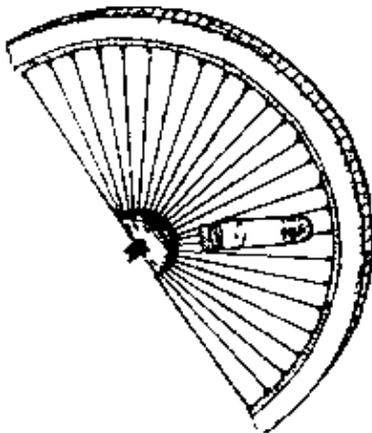
-Percer le fond des 3 premières avec une aiguille (10 trous).

-Disposition des couches filtrantes : le sable, le charbon et le gravier retiennent les particules en suspension.

Le charbon de bois a une action désinfectante sur les microorganismes.

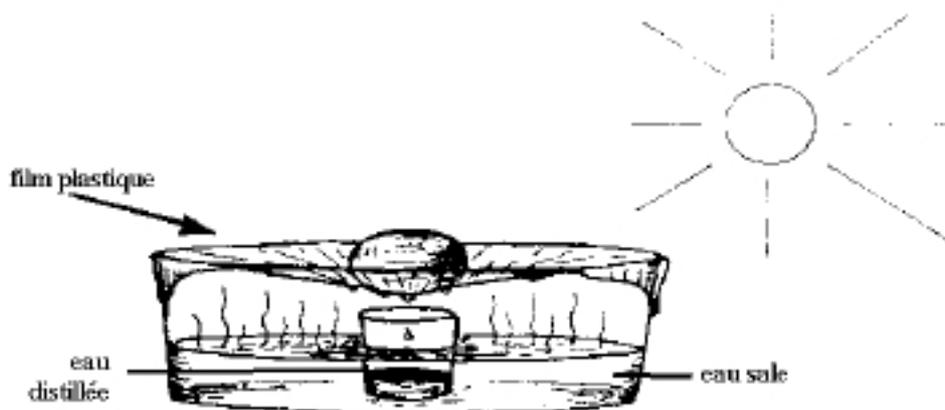
Une eau filtrée n'est pas forcément potable ; elle peut contenir le plomb ...

### Expérience 2 : la centrifugeuse (sédimentation) d'après BOUQUET et al., (1998)



- Remplir 2 éprouvettes identiques d'un mélange d'eau et de la terre.
- Fixer l'une d'elles bien bouchée sur le rayon de la roue arrière d'une bicyclette retournée sur sa selle.
- Actionner les pédales pour faire tourner la roue.
- 5 à 10 minutes plus tard, l'eau et la terre sont séparées.
- Comparer avec l'éprouvette témoin.

Expérience 3 :la distillation. D'après BOUQUET *et al.*, (1998)



- Verser de l'eau sale dans un bassin.
- Placer un verre au centre.
- Couvrir d'un film plastique bien tendu et fixé avec du ruban adhésif.
- Placer un caillou au centre du film, au-dessus du verre, sans le toucher.
- Mettre au soleil. En prolongeant l'exposition, on obtient un verre rempli d'eau distillée et une couche de poussière.

N.B. :L'eau ne doit pas être bue. Elle contient encore des micro-organismes.

Bref, nous pourrions résumer dans un tableau les causes et les apprentissages proposés dans la lutte contre l'eutrophisation.

Tableau17 : *Couplage des causes d'eutrophisation et activités didactiques proposées*

Causes d'eutrophisation \ Activités d'apprentissage	1.Rejet d'effluents pollués. (eaux usées, déchets).	2.Usage des détergents phosphatés	3.Usage excessif des engrais chimiques	4. Apport des sédiments sablonneux la bouse et les sels minéraux.
A. Epuration biologique, triage des déchets et compost.	1,A			
B. Suivre les conseils pratiques d'usage quotidien.		2,B		
C. Fertilisation avec engrais verts.			3,C	
D. Aménagement du bassin versant				4,D

## 5. Effets escomptés suite aux formations engagées

Nous référant aux expériences de plusieurs auteurs qui ont travaillé avec les enseignants de l'école secondaire et primaire comme PRUNEAU (1994,1995), SAUVÉ (1992), GRAY (1985), JUNG (1993), COHEN (1991), WILSON (1993), ODIN (1991), JUNG (1993) en matière d'environnement, nous avons une ferme conviction que nous aurons des bons résultats comme -eux.

Les résultats escomptés qui seront nos critères d'évaluation sont :

Les enseignants transmettront leurs compétences en éducation relative à l'environnement. Ils seront invités à réaliser en classe des projets de développement ou de recherches actions. Les bénéficiaires de ce programme se démarqueront par sentiments, attitudes, habiletés, habitudes et comportements favorables à l'utilisation durable des écosystèmes aquatiques.

Par sentiments et attitudes, nous voulons qu'ils aient : un respect de l'environnement, un intérêt, ouverture et attention vigilante pour les composantes d'un milieu, un sentiment de responsabilité envers les éléments naturels.

Par habiletés, nous voulons qu'ils aient :

- Une perception sensorielle développée par rapport aux composantes d'un milieu.
- Une capacité de reconnaître, ressentir, apprécier ou évaluer la qualité d'un

milieu :l'esthétique, harmonie, la détérioration...

Par habitudes et comportements, nous souhaitons qu'ils aient :

- Des contacts fréquents avec les éléments naturels.
- Des tendances à s'entourer d'éléments naturels.

La réussite sera dépendante de nos méthodes d'enseignement, notamment :études des cas, jeux de rôle et la résolution des problèmes et l'exploitation du matériel didactique adapté.

## VI. Conclusions et perspectives.

Cette étude nous a permis de réfléchir sur l'environnement côtier du lac Kivu. La région de Kibuye est constituée par des écosystèmes peu diversifiés ; notamment : les écosystèmes forestiers et lacustres. Le lac Kivu est un écosystème simple. Il a une faune piscicole pauvre pourtant il est un patrimoine économique de la région.

Nous avons pu mettre en évidence quelques dysfonctionnements à son bassin versant susceptibles d'engendrer dans l'avenir les pollutions, les eutrophisations particulièrement dans les baies du lac et en général dans les rivières de Kibuye.

L'analyse a permis de déceler leurs causes et leurs conséquences. Parmi les causes d'eutrophisation, on peut citer :

a) les rejets d'effluents pollués, b) Usage des détergents phosphorés, c) Usage excessif des engrais chimiques, d) apport des sédiments sablonneux, de bouse et de sels minéraux.

L'aboutissement de cette étude propose différents modes de gestion de l'environnement en fin de minimiser voire éradiquer les effets de l'eutrophisation.

Il est temps alors de parler haut et de mener une politique éducative à tous les niveaux : scolaire, administratif et populaire, de sensibiliser tous les échelons afin d'éviter ce désastre écologique dans ces écosystèmes aquatiques.

Le rôle du pédagogue écologiste trouve sa place prépondérante dans la sensibilisation car il est parmi les premiers à diagnostiquer le mal qui ronge la vie aquatique. En outre, il se

heurte à un problème de changement des comportements et d'habitudes des gens riverains au lac.

Il doit promouvoir des comportements favorables à la durabilité des écosystèmes, notamment ; -diminuer l'emploi de détergents néfastes, - utiliser de matières non toxiques, biodégradables, - réutiliser les déchets, les recycler, créer des centres de retraitement des déchets, - fertiliser les sols avec les engrais verts.

Il est souhaitable d'éloigner les usines qui le peuvent des rivières et des baies des lacs ou de prévoir des systèmes d'épuration aux usines qui doivent s'installer près des rivières pour s'approvisionner en eau.

Nous avons choisi comme méthodologies éducatives celles qui consistent à utiliser la résolution de problèmes (ZIAKA, 1999), l'étude des cas et le jeu de rôles d'après SAUVÉ *et al.*,(2001). C'est ainsi que nous avons élaboré quelques outils didactiques à mettre à la disposition des enseignants pour qu'ils s'en servent dans leurs cours (d'écologie).

Malgré le rôle du pédagogue signalé dans cette lutte, la protection des eaux des rivières et des baies du lac Kivu devrait devenir l'affaire de tout le monde. Chacun devrait se fixer l'objectif de protéger son environnement et le faire au mieux. Ceci exige de bien examiner si toute action d'exploitation posée n'a pas d'impact négatif sur les eaux. Une attention particulière devra être focalisée sur la gestion des déchets et l'exploitation des lagunes dans des petites collectivités rurales.

Une grande responsabilité revient à l'autorité de la Mairie qui doit pouvoir promouvoir la création des associations qui se chargeront de la gestion de l'environnement. Il est aussi nécessaire de faire des campagnes de sensibilisation en utilisant les moyens les plus variés par exemple par le média, les revues, les journaux, les émissions radiodiffusées et télévisées. En outre, il ressort qu'à chaque discours prononcé par une autorité de la Mairie, elle parle de la protection des eaux et de l'environnement. Il revient en outre, à l'autorité de la Mairie de mettre en place une commission régionale de l'environnement. Celle-ci peut établir les normes à suivre pour qu'il y ait respect de la nature. Le principe du pollueur payeur devrait être appliqué de manière systématique d'après BRÚK *et al.*,(2001). Ceci peut servir de source de financement à cette commission.

En outre, il est utile que des citoyens, sensibilisés aux problèmes d'environnement, puissent créer des associations et des groupes susceptibles de faire pression sur les autorités de la Mairie afin que la politique menée par ces dernières intègre davantage les questions environnementales.

Nous souhaitons que cette étude puisse continuer et que les méthodes conçues soient validées sur terrain. En outre, quelques études sont à réaliser plus tard avec les élèves ou étudiants dans cette région de Kibuye :

- Élaborer des outils didactiques de sensibilisation des jeunes de l'école primaire à l'éducation relative à l'environnement.
- Définir les critères de qualité applicables aux eaux continentales du Rwanda.
- Évaluer la qualité biologique des eaux des rivières de la région de Kibuye,
- Faire des analyses physico-chimiques de toutes les baies du lac Kivu dont les rives présentent des institutions et marchés.
- Étudier l'incidence des pollutions sur la production des baies du lac Kivu.
- Créer des centres didactiques de compostage des déchets biodégradables.
- Créer des sites didactiques de lagunages.
- Faire du reboisement dans les zones en érosion sur le bassin versant du lac Kivu.

## BIBLIOGRAPHIE

- AGENCE DE BASSIN LOIRE-BRETAGNE. Lagune naturelle et lagune aérée : procédé d'épuration biologique des petites collectivités. Ministère de l'environnement et de l'Agriculture. Étude interagence. 74 p. (1985).
- ATKINSON, G. Outdoor recreation's contribution to environmental attitudes. *Journal of physical education, recreation and dance* 61, 46-54 (1990).
- BEADLE, L. C. The inland waters of tropical Africa, an introduction to tropical limnology. 2<sup>nd</sup>ed. Longman, London, 475 p. (1981).
- BERMAN, S. Education for social responsibility. *Education leadership* 48, 75- 80 (1990).
- BIERNAUX, J. Incidence des curages et des améliorations des cours d'eau sur le pouvoir auto-épuration des eaux courantes. Extrait du Bull. Soc. Roy. Forest. De Belgique. 215 p. (1977).
- BLAKE, G. & DUBOIS, J.P. L'épuration des eaux par les plantes aquatiques. Étude de synthèse effectuée sous contrat du Ministère de l'Environnement. AFEE, Paris, 103 p. 82. (1995).
- BM. Mission d'information sur le Rwanda. Banque Mondiale (1995).
- BRÜCK, L., MERENNE-SCHOUMAKER, B., SAVENBERG, S. & VAN DONGEN, H. Le développement durable, tes premiers pas. Laboratoire de méthodologie de la Géographie (LMG) - Université de Liège, 1119/1, 7-32 (2001).
- BOUQUET, G., ESCLAPEZ, L. & LE MOEL, B. L'eau du robinet. Collection Education à l'Environnement. Fiche pédagogique n°1. CDDP Hérault Graine Langue doc. Roussillon. 2<sup>ème</sup> édition. 121p. (1998).
- BOUVERAT, M., SIEBER, P., SEEWER, M., WELTI, R., GIGON, P. & GRAF KOCSIS, G. Vers le développement durable. 20 activités et projets d'établissement de Suisse. Ed. en langue française et distribution. LEP, Loisirs et Pédagogie, le Mont-sur -Lausanne. 89 p. (2001).
- CAMPBELL, N. REECE, J.-B. Biologie. Édition De Boeck, 6<sup>è</sup> édition, 1247 p. (2002).
- CAPART, A. Le lac Kivu. *Les Naturalistes Belges*, Tome 41 N° 10, 397- 417 (1960).
- CAPART, A. Recherches hydrobiologiques au Congo Belge et leurs résultats pratiques. *Bulletin Agricole du Congo Belge* 47, 1-27 (1956).
- CEMAGREF. Lagunage naturel et lagunage aéré : procédés d'épuration des petites collectivités. Environnement (Ministère de l'Agriculture). Étude interagence, 74 p. (1983).
- CEMAGREF. Le suivi des lagunes naturelles. Cahier QEPP n° 9. 16 p. (1983).
- CEMAGREF. L'exploitation des lagunes naturelles réalisées par FNDA. Guide technique à l'usage des petites collectivités 1, 3-19 (1985).
- CHEATLE, M., SCHOMAKER, M., SEKI, M., VANDEWEERD, V., ZAHEDI, K., & CLARKE, R. Rapport du PNUE sur l'environnement. Programme des Nations Unies pour l'environnement. Éditions De Boeck & Larcier. Bruxelles. 398p. 1, 4-45 (2000).
- CHARBONNEAU, J-P., CORAJOURD, C., DAGET, J., DAJOZ, R., DUSSART, B., FRIEDEL, H., & DUMONT, R. Encyclopédie de l'écologie, le présent en question. Librairie Larousse. Paris. 487 p. (1977).
- COBB, E. The Ecology of Imagination in Childhood, *Daedalus* 88, 537-548 (1959).
- COBB, E. The Ecology of Imagination in Childhood, in P. Shepard and D. Mckinley, *The Subversive Science*, Boston, Houghton Mifflin Compagny 91, 122-132 (1969).
- COOPER, L. *Journal IWEM* 3, 61-65 (1989).
- COHEN, M.J. Intergrating nature's balance. *Journal of environmental education* 22, 10-13 (1991).

- CORTEN-GUALTIERI, P., DE JONGE, W., VAN HAVER, P. & ZACCAÏ, E.  
Vivre ou survivre ? Un état des lieux de notre planète. Ed. Lannoo SA, Tielt. 159 p. (1998).
- CROIZER, C., GOFFIN, L., LECOCQ, A., WATTECAMPS, J-M., LEROY, M., TAELEMAN, P. & VAN FRENCKELL, M. L'éducation relative à l'environnement : une opportunité pour la formation des jeunes de l'enseignement secondaire. Actes du Colloque organisé par la FUL, 72p. (1996).
- CTGREF, DIVISION QUALITE DES EAUX, PECHE ET PISCICULTURE.  
Le lagunage naturel - procédé biologique extensif d'épuration des eaux usées domestiques. Ministère de l'Agriculture, étude n°30, 36 p. (1978).
- DEGENS, E.T. Hydrothermal origin of Metals in Some East African Rift Lakes. *Mineral Deposita* (Berl.) 8, 388- 404 (1973).
- DE MERONA, B., HECHT, T. & MOREAU, J. Croissance des poissons d'eau douce africains. In LEVEQUE, BRUTON and SENTONGO (Ed.), *Biologie et écologie des poissons d'eau douce africaine*. ORSTOM, Paris, 487 p. (1988).
- DESCY, J-P. Étude de la production planctonique au lac Kivu. Projet PNUD/FAO-RWA/87/012. Rapport de mission (26/09/90-08/10/90), 34p. (1990).
- DUMONT, H.J. The Tanganyika Sardine in lake Kivu : Another Ecodisaster for Africa ? *Environmental Conservation* 13, 143- 148 (1986).
- EDMONDSON, D. Eutrophication. *Nat. Acad. Sci. Washinton*. (1969).
- F.N.D.A.E. Fonds National pour le Développement des Adductions d'Eau Rurale. L'exploitation de lagunes naturelles : guide technique à l'usage des petites collectivités. Direction générale des ressources naturelles et de l'environnement, Liège. 150 p. (1985).
- FREIRE, P. *The Politics of Education*, Massachusetts, Bergin & Garvey Inc. 354 p. (1985).
- FOSSEY, D. Rapport National sur la conservation de la diversité biologique. Direction de l'environnement. Projet d'appui à la préparation de la stratégie nationale de la biodiversité et son plan d'action. Rwanda, 121 p. (1997).
- FOURNIRET, Y. Etude du Zooplancton du lac Kivu et relations avec son prédateur : *Limnothrissa miodon* (échantillonnage de mai- juin 1990). Rapport scientifique UNECED, 16 p. (1992).
- GEMAGREF. Le lagunage naturel, conception et réalisation ; objectifs d'épuration. 54p. (1998).
- GILLET, A. & MICHA, J-C. Biologie et radiocontamination de 3 espèces animales (*Dreissena polymorpha* (P.), *Rutilus rutilus*(L.) et *Perca fluviatilis* (L.) représentatives de différentes mailles trophiques de l'écosystème Meuse. *Ann. Belg. Radioprotection* 22, 139-155 (1987).
- GIREA. Fonctionnement, suivi écologique et intégration paysagère du bassin d'orage de Cédrogne (E25) 77 p. (1999).
- GRAY, D.B. *Ecological beliefs and behaviors : assessment and change*. Westport, connecticut : Greenwood press 14, 31-45 (1985).
- HECKY, R.E. & W., H.J. K. Phytoplankton ecology of the great lakes in the rift valley of Central Africa. *Arch. Hydrobiol. Beih* 25, 197- 228 (1987).
- ITTELSON, W.H. *Environmental Perception and Urban Experience*, Environment and Behavior. Vol. 10, n° 2, 213 p. (1978).
- JUNG, S. *We are home : a spirituality of the environment*. New York : Paulist press 7, 21-30 (1993).
- KANINGINI, M. Etude de la croissance, de la reproduction et de l'exploitation de *Limnothrissa miodon* au lac Kivu, bassin de Bukavu (RDC). Dissertation présentée en vue de l'obtention du grade de Docteur en Sciences biologiques. FUNDP, Namur, Belgique. 211 p. (1995).

- KANINGINI, B., MICHA, J.-CL., VANDENENHAUTE, J., PLATTEAU, J.-P., WATONGOKA, H., MÉLARD, C., WILONDJA, M.K., & ISUMBISHO, M. Pêche du Sambaza au filet maillant dans le lac Kivu. Rapport final du Projet ONG/219/92/Zaire, 318p. (1990).
- KELLY, V. A. Consommation des engrais au Rwanda : tendances passées, potentielles, futures et facteurs déterminants 4, 25-40 (2001).
- KISS, R. Le lac Kivu. Chronique de l'IRSAC, Tome 1 n° 1, 20-28 (1965).
- KISS, R. Analyse quantitative du zooplancton du lac Kivu. Fol. scient. Afr. Centr.5, 78-80 (1966).
- KWETUENDA, M.K., NAKAO, K. & KAKOGOZO, B. Climatic conditions in the hydrological basin of lake Kivu during 12 years. In KAWANABE (Ed.), Ecological and limnological study on lake Tanganyika and its adjacent regions 14, 55-56 (1989).
- LABROUE, M. Annales d'hydroécologie appliquée 6, 1-2 (1994).
- LEGENDRE, R. Dictionnaire actuel de l'éducation. 2<sup>e</sup> édition. Éditions ESKA, Paris, 1499 p. (1993).
- LEGLIZE, L. Eutrophisation des rivières du bassin Rhin-Meuse. Étude de la Meuse et de la Moselle. Rapport de synthèse 1983-1984. Université de Metz, Laboratoire d'Ecologie. Contrat Agence de l'eau Rhin-Meuse 1, 1-45 (1984).
- LEGLISE, L. Suivi de l'eutrophisation de la Meuse. Barrage de Saint-Mihiel. Mai-Octobre 1986. Université de Metz, Laboratoire d'Ecologie. Contrat d'Agence de l'Eau Rhin-Meuse 1, 1-90 (1987).
- LEGLISE, L. Suivi de l'eutrophisation de la Meuse. Barrage de Saint-Mihiel. Juin-Novembre 1987. Université de Metz, laboratoire d'Ecologie. Contrat d'Agence de l'Eau Rhin-Meuse 1, 1-25 (1987).
- LUCAS, A.M. The role of Science in Education for the Environment, Journal of Environmental Education 12, 32-37 (1981).
- MARSHALL, B.E. *Limnothrissa* in man-made lakes : do we understand the implications of their small size ? FAO/CIFA Occasional paper (19), 1-17 (1992).
- MARSHALL, B.E. Biology of the African clupeid *Limnothrissa miodon* with reference to its small size in artificial lakes. Reviews in Fish Biology and Fisheries 3, 17-38 (1993).
- MICHA, J.-C., NOISET, J.-L., Evaluation biologique de la pollution des ruisseaux et rivières par les invertébrés aquatiques 5 n°1, 4-16 (1982).
- MICHA, J.-C. Cours d'écologie des eaux continentales. Notes de cours. FUNDP Namur, (2003).
- MILES, J.-C. Wilderness as a learning place. Journal of environmental education 18, 33-40 (1986).
- MINEDUC. Plan d'action pour l'éducation au Rwanda 28, 25-28 (2000).
- MUKAMANA, J. Fertilizer use and marketing policy workshop proceeding. Kigali, (2002).
- ODIN, S. The Japanese concept of nature in relation to the environmental ethics and conservation aesthetics of Aldo Leopold. Environmental ethics 13, 345-360 (1991).
- ORZAGH, J. Dans l'eau pour tous, tous pour l'eau 8, 21-32 (1998).
- PALMER, J.A. Development of concern for the environment and formative experiences of educators. Journal of environmental education 24, 26-30 (1993).
- PARRIS, P. Observations sommaires sur le phénomène de coloration de la Meuse en octobre 1986. Agence de l'Eau Rhin-Meuse 1, 1-16 (1986).
- PEETERS, L. Traits généraux de la géomorphologie et de la genèse du bassin du lac Kivu. Bull. Soc. roy. Belge de géographie 83, 66-75 (1959).
- PEETERS, L. Note sur l'évolution du bassin fluvial du lac Kivu. Bull. Séanc. Acad. r. Sci. Outre-Mer 33, 265-270 (1988).

- POUCLET, A. Les communications entre les grands lacs de l'Afrique Centrale. Implications sur la structure du rift Occidental. Mus. Roy. Afr. Centr., Tervuren (Belg.), Rapp. Ann. 1977, 145-155 (1978).
- PRUNEAU, D. Conception et expérimentation d'un processus de formation en cours d'emploi destiné à inciter des enseignants du préscolaire et du primaire à agir en éducation relative à l'environnement. Thèse de doctorat, Université Laval. 225 p. (1994).
- RAMADE, F. Éléments d'écologie. Écologie appliquée. Ediscience international, Paris, 5<sup>è</sup> éd., 267 p. (1995).
- RAMADE, F. Dictionnaire Encyclopédique des sciences de l'Eau. Biogéochimie et écologie des eaux continentales et littorales. Ediscience international, Paris. 786 p. (1998).
- ROUSSELET, D., ALBERTY, M. & SEVRIN-FABRY, B. Biologie 3<sup>è</sup>. Science expérimentale. Travaux pratiques. Éléments d'écologie. Fonctions énergétiques chez les vivants. Carnet d'exercices pratiques et de laboratoires. De Boeck & Larcier s.a., Bruxelles. 4<sup>è</sup> édition, 95 p. (1993).
- ROY, G. R., BOISCLAIR, A., CHARLAND, J.-P., MASNY, D., PRUNEAU, DIANA. Revue de sciences de l'éducation, interdisciplinarité et formation à l'enseignement primaire et secondaire 24, 1234-1345 (1998).
- SALLERON, J. L. Eutrophisation des rivières. Le cas de la Meuse. Colloque eutrophisation. Orléans, 25-26 novembre 1987. 1-14 (1987).
- SAUVÉ, L. Éléments d'une théorie du design pédagogique en éducation relative à l'environnement. Thèse de doctorat, volume 1, Université du Québec à Montréal. 254 p. (1992).
- SAUVÉ, L., ORELLANA, I., QUALMAN, S. & QUALMAN, S. Education relative à l'environnement, école et communauté : une dynamique constructive. Éditions Hurtubise, HMH itée, 310p. (2001).
- SCHWEI-ZEITS, H. Hydrologie. Vol.39, Ediscience international, Paris. 244 p. (1977).
- SCHHINDLER, K. Limnology and Oceanography. Vol. 23. Washington. 430 p. (1978).
- SOLTNER, D. Bandes enherbées et autres dispositifs bocagers pour garder les sols et filtrer l'eau pour héberger la faune sauvage, pour maintenir les paysages, réalisé par Sciences et Techniques agricoles 69, 6-12 (2001).
- VAN CRAENENBROECK, W. & VAN DEN BOS, M. Profil de la qualité de la Meuse. 19-30 septembre 1982. Samenwerkende Rijn- en Maaswaterleidingbedrijven (RIWA). Amsterdam 1, 1-146 (1983).
- VANDEN BOSSCHE, J.-P. & BERNACSEK, G.M. Source book for the inland fishery resources of Africa, I.CIFA Technical paper, N° 18.1, Rome, FAO, 240 p. (1990).
- VERBEKE, J. Recherches écologiques sur la faune des grands lacs de l'est Congo Belge. Explor. Hydrobiol. Lacs Kivu, Edouard et Albert (1952-54). Inst. Roy. Sci. Nat. Belg., B3 (1), 177 p. (1957).
- VERNIERS, G. Le rôle de l'hydrobiologiste dans l'évolution de l'impact des activités humaines sur les milieux aquatiques. Cebedeau 35, 117-131 (1982).
- VILIMUMBALO, S. Paléoenvironnements et interprétations paléoclimatiques des dépôts palustres du pléistocène supérieur et de l'holocène du rift centrafricain au sud du lac Kivu (RDC). Analyse palynologiques et sédimentologiques. Faculté des Sciences, Université de Liège (Belgique), 212 p. (1993).
- WAUTHY, J.-P. Pédagogie par projets et environnement, une interdisciplinarité efficace. Forum pédagogique. Editions érasme, Belgique, 221p. (1993).
- WILSON, R.A. Educators for Earth : a guide for early childhood instruction. Journal of environmental education 24, 15-21 (1993).

WINANTS, J-M., HERMAN, D. Jeu éducatif de découverte de l'écosystème des ruisseaux. Association theutoise pour l'environnement asbl, Jevoumont, 23p. (2002).

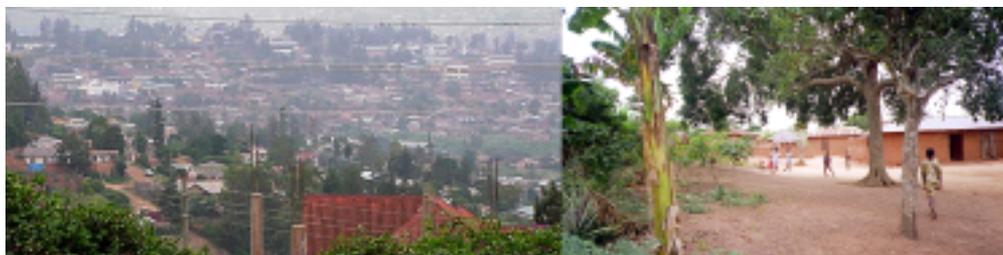
ZIAKA, Y. Une éducation à l'environnement pour le XX è siècle. Éléments de débat et perspectives en vue d'un forum permanent. Réseau » Polis ». Alliance pour un monde responsable et solidaire. Editions-Diffusion Charles Léopold Mayer. Paris, 216 p. (1999).

ZEGELS, A. Composter les déchets organiques. Guide des bonnes pratiques pour la transformation des déchets de cuisine et de jardin. Ministère wallon de L'Environnement. Direction générale des Ressources naturelles et de l'Environnement. Liège. 36 p. (2003).

---

# ÉPURATION BIOLOGIQUE DES EAUX DES AGGLOMÉRATIONS AU RWANDA

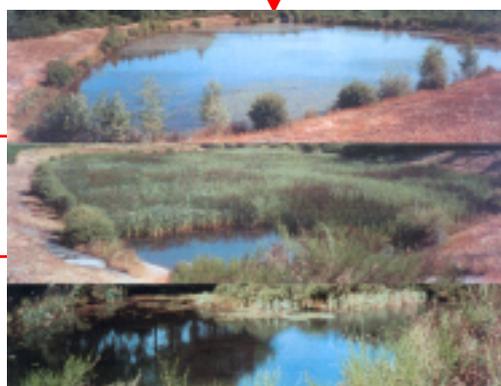
Annexe 1



Canalisation  
des eaux usées



Bassins de  
lagunage



Bassin 1

Bassin 2

Bassin 3

*Les eaux sont déjà épurées, on peut les laisser couler jusqu'au lac*



# SI NOUS VOULONS TOUJOURS MANGER DU POISSON DE NOTRE LAC, PROTÉGEONS-LE EN TRIANT LES DÉCHETS

Annexe 2

## COMMENT FAIRE ?

- prenons de bonnes habitudes:
  - . ne rejetons plus les eaux usées et déchets ménagers dans les cours d'eau et baies du lac Kivu
  - . utilisons de façon plus spécifique les engrais et les pesticides
- évitons le gaspillage
- trions les déchets

## OU CELA ?

- chez nous
- à l'école
- au marché
- au village ...

## LES DÉCHETS PEUVENT ÊTRE TRIÉS ET RECYCLÉS !

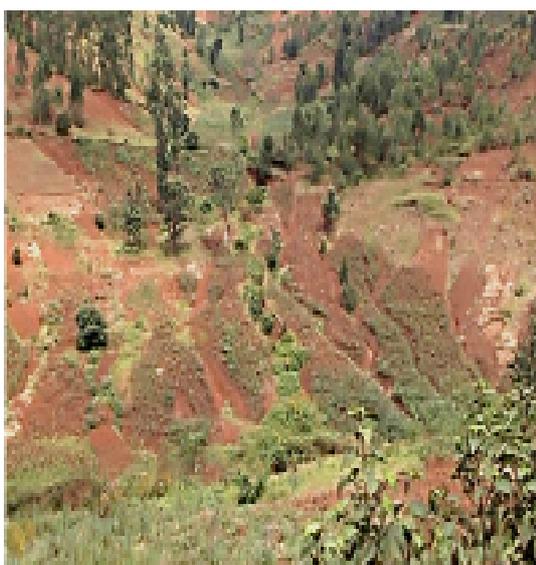


In <http://www.somergie.fr/images/>

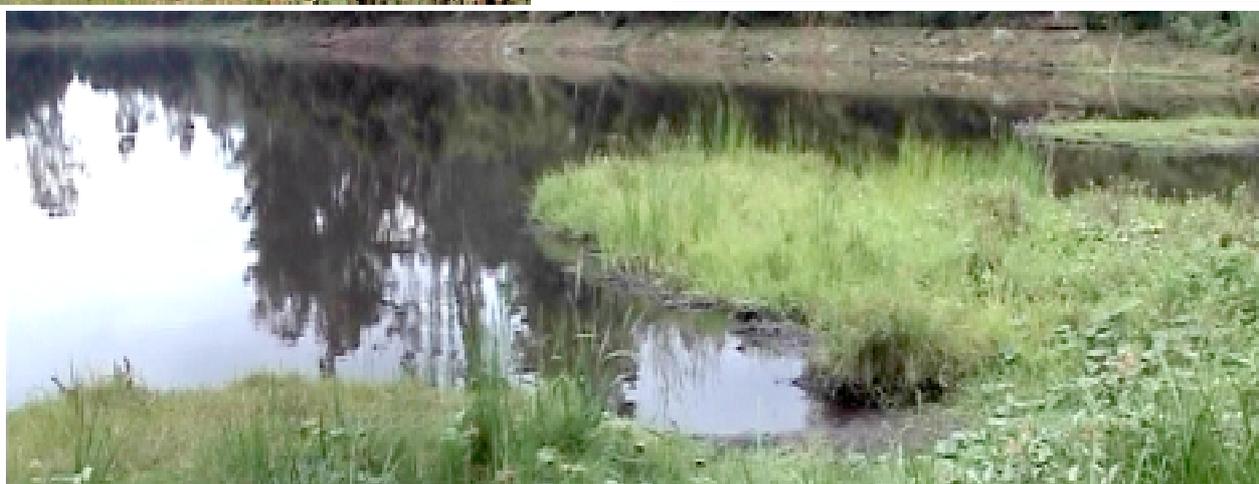


## APPRENONS À AMÉNAGER LES BASSINS VERSANTS

Pour éviter les érosions ....



... aménageons les bassins versants avec  
des terrasses entourées de haies ...



... pour permettre la rétention physico-chimique de surface  
et l'infiltration de l'eau

# SUR LE BASSIN VERSANT DU LAC, UTILISONS LES ENGRAIS VERTS

Annexe 4

## COMMENT FAIRE ?

### 1. Collecter et découper les déchets végétaux



### 2. Constituer les tas de compost



### 3. Arroser et retourner les tas



### 4. Au bout de 4-5 mois ...



... le produit organique est prêt !

## 5. PRINCIPALES UTILISATIONS (amendement par engrais verts)

### Cultures en terrasses



### Cultures en parcelles



### Cultures en serres

