

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

ETUDE SPECIALE DES SEDIMENTS
(SedSS)

Rapport Technique Numéro 8
TRAVAUX HYDROLOGIQUES ET
D'ECHANTILLONNAGE
SEDIMENTOLOGIQUE DU BASSIN
DU LAC TANGANYIKA (BURUNDI)

par
SEBAHENE, M., NDUWAYO, M.,
SONGORE, T. et NTUNGUMBURANY, G.
(DRIEU O.; Edition)

1999

**Lutte contre la pollution et autres mesures visant à protéger la biodiversité du Lac
Tanganyika**

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

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

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

Burundi: Institut National pour Environnement et Conservation de la Nature
D R Congo: Ministrie Environnement et Conservation de la Nature
Tanzania: Vice President's Office, Division of Environment
Zambia: Environmental Council of Zambia

Enquiries about this publication, or requests for copies should be addressed to:

Project Field Co-ordinator
Lake Tanganyika Biodiversity Project
PO Box 5956
Dar es Salaam, Tanzania

UK Co-ordinator,
Lake Tanganyika Biodiversity Project
Natural Resources Institute
Central Avenue, Chatham, Kent, ME4 4TB, UK

Groupe National (Burundi) de Travail :

-SEBAHENE	Mathias (DGGM)
-NDUWAYO	Manassé (IGEUBU)
-SONGORE	Tharcisse (DGGM)
-NTUNGUMBURANY	Gérard (IGEUBU)
-DRIEU	Olivier (Edition)

Décembre 1999

Table des Matières

	Page
1. INTRODUCTION	6
2. OBJECTIFS FONDAMENTAUX DE L'ETUDE	6
3. RESULTATS OBTENUS	7
3.1. HYDROLOGIE.	7
3.1.1. Mesures des débits	11
3.1.2. Matières en suspension	15
3.1.3. Caractéristiques physiques (pH et Température)	22
3.1.4. Observations limnimétriques et courbes de tarage et de transport solide	30
3.2. SEDIMENTOLOGIE	30
3.2.1. Echantillonnage	30
a. Méthodologie	30
b. Résultats	30
3.2.2. Caractérisation granulométrique des sédiments	30
a. Méthodologie	30
b. Résultats	30
1. Les sédiments de la Ruzizi	31
2. Les Sédiments de la Ntakangwa.	32
3. Les sédiments de la Karonge	33
4. Les sédiments de la Kirasa et de la Nyamusenyi.	34
5. Les sédiments de la Gatororongu	36
3.2.3. Caractérisation Minéralogique des Sédiments	37
a. Méthodologie	37
b. Résultats	37
3.2.4. Caractérisation physico-chimiques de l'eau des affluents du lac.	52
a. pH, température et conductivité	52
b. Teneurs en principaux cations dans les affluents	53
c. Volume de matières en suspension.	53
4. EVALUATION DE L'IMPACT DE L'APPORT EXCESSIF DE SEDIMENTS SUR LA BIODIVERSITE DU LAC TANGANYIKA	54
5. EVALUATION DE L'IMPACT DES ACTIVITES HUMAINES SUR LE REGIME HYDROLOGIQUE DES AFFLUENTS DU LAC TANGANYIKA.	56
1. La surpopulation dans le bassin du lac	56
2. Les pratiques agricoles inappropriées	56
3. La déforestation	56
4. Les feux de brousse	57
5. Autres activités	57
6. RECOMMANDATIONS POUR LE SUIVI HYDROLOGIQUE ULTERIEUR	57
7. CONCLUSION	58

Tableaux :

	Page
Tableau 1 : Les débits (m ³ /s)	7
Tableau 2 : Les matières en suspension (mg/l)	12
Tableau 3 : Le pH	16
Tableau 4 : Les températures (°c)	18
Tableau 5 : Fiche d'observations limnimétriques pour la Rusizi	24
Tableau 6 : Fiche d'observations limnimétriques pour la Ntakangwa	25
Tableau 7 : Fiche d'observations limnimétriques pour la Karonge	26
Tableau 8 : Fiche d'observations limnimétriques pour la Kirasa	27
Tableau 9 : Fiche d'observations limnimétriques pour la Nyamusenyi	28
Tableau 10 : Fiche d'observations limnimétriques pour la Gatororongo II	29
Tableau 11 : Moyennes du pH de la température et de la conductivité	52
Tableau 12 : Teneurs des principaux cations dans les affluents	53
Tableau 13 : masse des matières solides en suspension (mg/l)	54

Figures :

	Page
Figure 1 : Les débits	9-10
Figure 2 : Les matières en suspension	13-14
Figure 3 : Les pH	17-18
Figure 4 : Les températures	20-21
Figure 5 : Répartition granulométrique des sédiments de la Rusizi	31-32
Figure 6 : Répartition granulométrique des sédiments de la Ntakangwa	32-33
Figure 7 : Répartition granulométrique des sédiments de la Karonge	34-35
Figure 8 : Répartition granulométrique des sédiments de la Kirasa	35
Figure 9 : Répartition granulométrique des sédiments de la Nyamusenyi	36
Figure 10 : Répartition granulométrique des sédiments de la Gatororongo	39
Figure 11a : Fiche d'analyse minéralogique pour la rivière Kirasa (06/02/99)	40
Figure 11b : Graphe de l'analyse minéralogique pour la rivière Kirasa (06/02/99)	41
Figure 12a : Fiche d'analyse minéralogique pour la rivière Karonge (06/02/99)	42
Figure 12b : Graphe de l'analyse minéralogique pour la rivière Karonge (06/02/99)	43
Figure 13a : Fiche d'analyse minéralogique pour la rivière Nyamusenyi(10/12/98)	43
Figure 13b : Graphe de l'analyse minéralogique pour la rivière Nyamusenyi(10/12/98)	44
Figure 14a : Fiche d'analyse minéralogique pour la rivière Gatororongo (27/03/99)	45

Figures (suite):

Figure 14b :	Graphe de l'analyse minéralogique pour la rivière Gatororongo (27/03/99)	46
Figure 15a :	Fiche d'analyse minéralogique pour la rivière Ntakangwa (28/11/98)	47
Figure 15b :	Graphe de l'analyse minéralogique pour la rivière Ntakangwa (28/11/98)	48
Figure 16a :	Fiche d'analyse minéralogique pour la rivière Rusizi (17/11/99)	49
Figure 16b :	Graphe de l'analyse minéralogique pour la rivière Rusizi (17/11/99)	50
Figure 17 :	Diffractogramme des 6 échantillons	51
Figure 18 :	Glissements de terrain Gatororongo – Mwambuko le long de la Route National Bujumbura – Nyanza-lac	55

Liste des Annexes

Annexe 1 :	Matériel de jaugeage utilisé	Page 59
Annexe 1.1 :	Caractéristiques des moulinets	59
Annexe 1.2 :	Caractéristiques des hélices	65
Annexe 2 :	Courbes de tarage et graphiques du transport solide	66
Annexe 2.1 :	Courbe de tarage et graphique du transport solide pour la rivière Rusizi	66
Annexe 2.2 :	Courbe de tarage et graphique du transport solide pour la rivière Karonge	67
Annexe 2.3 :	Courbe de tarage et graphique du transport solide pour la rivière Nyamusenyi	68
Annexe 2.4 :	Courbe de tarage et graphique du transport solide pour la rivière Ntakangwa (Brasserie)	69
Annexe 2.5 :	Courbe de tarage et graphique du transport solide pour la rivière Kirasa	70

1. INTRODUCTION

Le projet Biodiversité du Lac Tanganyika regroupe les quatre pays riverains du bassin du lac Tanganyika que sont le Burundi, la République Démocratique du Congo, la Tanzanie et La Zambie. Il comprend plusieurs volets dont l'Etude Spéciale des Sédiments. Une réunion des différents intervenants dans le projet a été organisée à Bujumbura au mois de septembre 1997. Au cours de cette réunion, il a été convenu de confier l'exécution de l'étude spéciale des sédiments à la Direction Générale de la Géologie et des Mines (DGGM) et à l'Institut Géographique du Burundi (IGEBU). Les tâches à accomplir ont été convenues dans les termes de références et sont résumés dans les objectifs de l'étude qui sont repris intégralement dans le paragraphe ci-dessous.

Le présent document constitue le rapport final de l'étude spéciale des sédiments. Il fait état des travaux réalisés par l'IGEBU et la DGGM dans leurs domaines spécifiques que sont l'hydrologie et la sédimentologie respectivement. Ce rapport résume également les principaux résultats obtenus dans les domaines susmentionnés et émet des recommandations pour le suivi ultérieur de l'étude aussi bien en ce qui concerne l'hydrologie que la sédimentologie.

2. OBJECTIFS FONDAMENTAUX DE L'ETUDE.

Les Objectifs fondamentaux de l'étude sont les suivants :

1. Quantifier les sédiments qui entrent actuellement dans le lac avec une indication des variations saisonnières ;
2. Faire des jaugeages des rivières dans certaines zones spécifiques afin de connaître la quantité et comprendre le caractère saisonnier de l'entrée des sédiments dans le lac.
3. Evaluer le volume de sédiments qui entrent dans le lac en suspension par six affluents du nord et nord-est de la partie burundaise du Bassin du Lac Tanganyika.
4. Déterminer la composition granulométrique et minéralogique des sédiments prélevés en lit vif à l'embouchure de ces six affluents.
5. Déterminer les caractéristiques physiques (T° , conductivité) et chimiques (pH, Na^{+} , K^{+} , Ca^{++} , Mg^{++} , CO_3^{-} , HCO_3^{-} , Cl^{-} , SO_4^{-}) dans les eaux de ces affluents.
6. Evaluer l'impact de l'apport excessif des activités humaines sur la biodiversité du lac Tanganyika.
7. Faire une évaluation de l'impact des activités humaines sur le régime hydraulique des affluents, en liaison avec l'Etude Spéciale sur la Socio-Economie.
8. Emettre des recommandations relatives à un programme modeste à long terme de suivi de l'hydrologie et la sédimentation dans la partie burundaise du BLT.

3. RESULTATS OBTENUS

3.1. HYDROLOGIE.

3.1.1. Mesures des débits

La méthodologie utilisée dans la mesure de débits est celle déjà décrite dans les différents rapports trimestriels produits dans le cadre de ce travail.

Elle comprend :

- Le jaugeage par intégration à l'aide d'un Saumon de 25 kg suspendu dans l'eau à une potence par un câble monté sur un treuil, pour la Rusizi.
- Le jaugeage par exploration du champs des vitesses à l'aide d'un moulinet à partir de cinq points sur chaque verticale de mesure pour les rivières Ntahangwa, Karonge, Kirasa et Nyamusenyi
- Utilisation d'un micro-moulinet pour la Gatororongo I et Gatororongo II – Mwambuko.

Tout le matériel utilisé est du type OTT de KEMPTEN et les caractéristiques des moulinets et des hélices sont celles qui figurent en *Annexes 1.1 et 1.2* du deuxième rapport trimestriel (Décembre 1998) présentées ici en *Annexe 1 (1.1 et 1.2)*.

Pour le dépouillement des mesures, nous avons utilisé les deux méthodes pratiquées à l'IGEBU à savoir la méthode graphique et la méthode numérique.

Les résultats de mesure de débits sont rassemblés dans le *Tableau 1* et les histogrammes de la *Figure 1*. Les débits mentionnés sont ceux obtenus graphiquement et ne diffèrent en général en rien de ceux obtenus numériquement.

RESULTATS DES MESURES HYDROLOGIQUES

TABLEAU 1 : LES DEBITS (m³/s)

MOIS	RUSIZI	NTAHANGWA à la Brasserie	NTAHANGWA au pont du 28 Nov.	KARONGE	KIRASA	NYAMUSENYI	GATORORONGO I	GATORORONGO II
Nov. - 98	139.54	1.068	—	0.614	2.277	0.388	0.0043	—
Déc. - 98	130.45	1.164	—	0.675	2.711	0.46	0.0184	—
Jan.99	167.94	2.312	—	0.812	2.275	0.59	0.023	0.011
Fév.99	116.9	1.409	0.945	0.513	1.998	0.42	0.007	0.004
Mars.99	219.66	2.488	1.955	0.88	2.88	0.534	0.0029	0.009
Avr.99	216.21	2.961	2.856	0.921	3.763	0.807	0.0449	0.0018
Mai.99	183.6	1.553	0.992	0.561	2.289	0.421	0.0017	0.0045
Juin.99	128.05	1.151	1.151	0.159	1.759	0.352	—	0.003
Juil.99	143.14	0.7	0.738	0.197	1.728	0.275	—	0.00124
Août.99	160.67	1.021	1.035	0.399	2.205	0.478	0.0019	0.00269
Sept.99	112.64	0.952	0.723	0.62	2.131	1.158	0.042	0.0163

FIGURE 1 : LES DEBITS

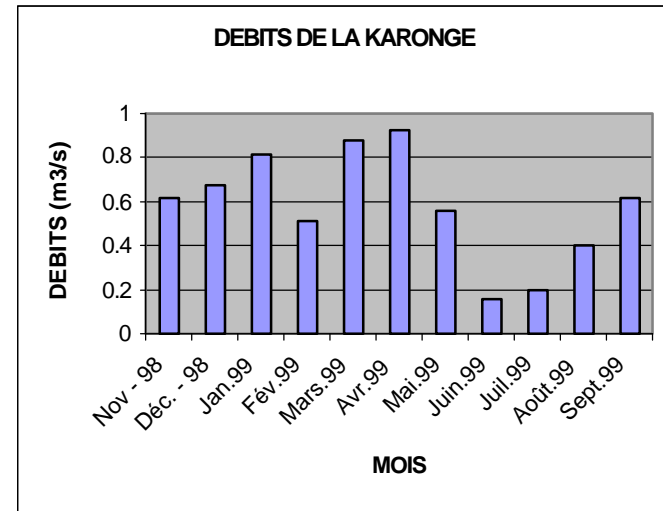
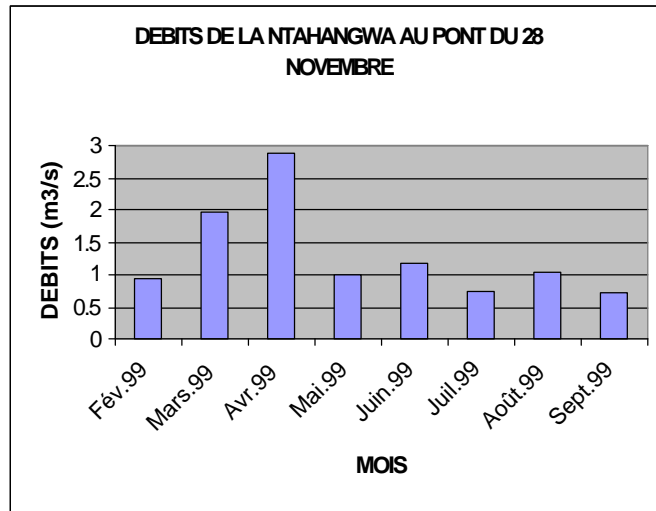
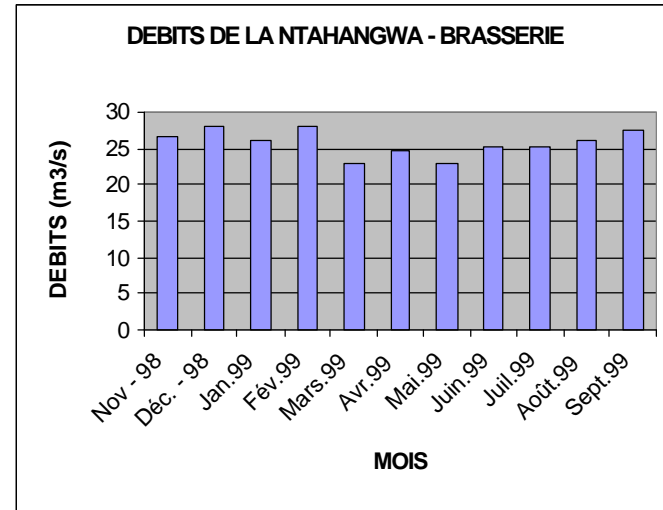
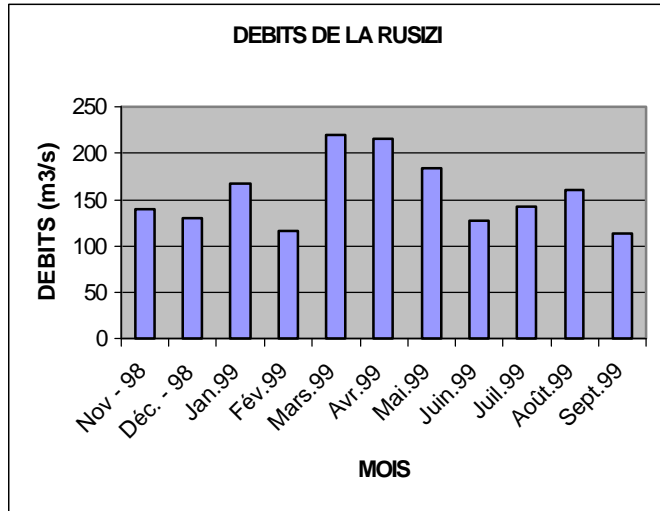
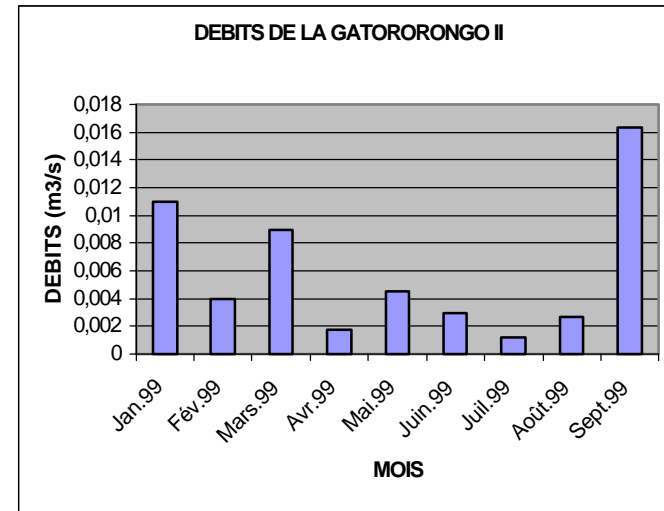
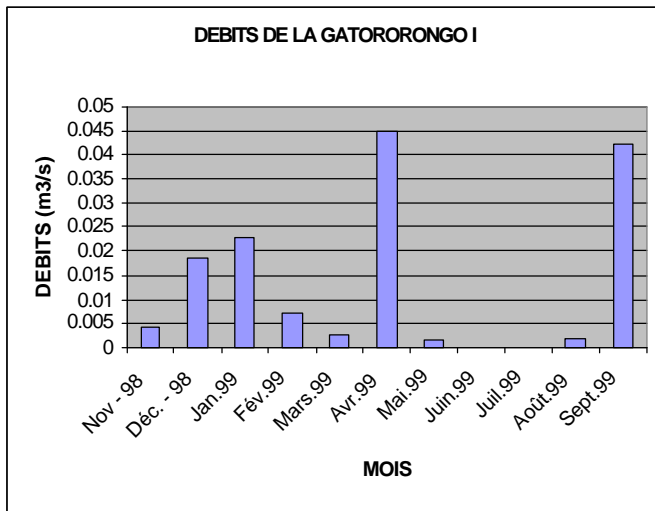
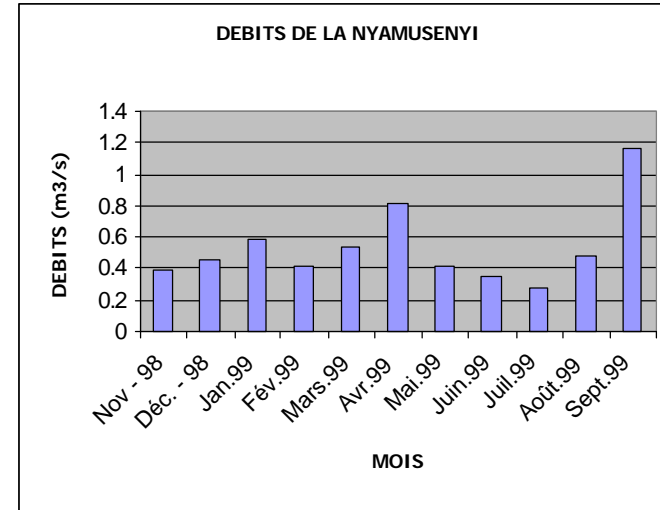
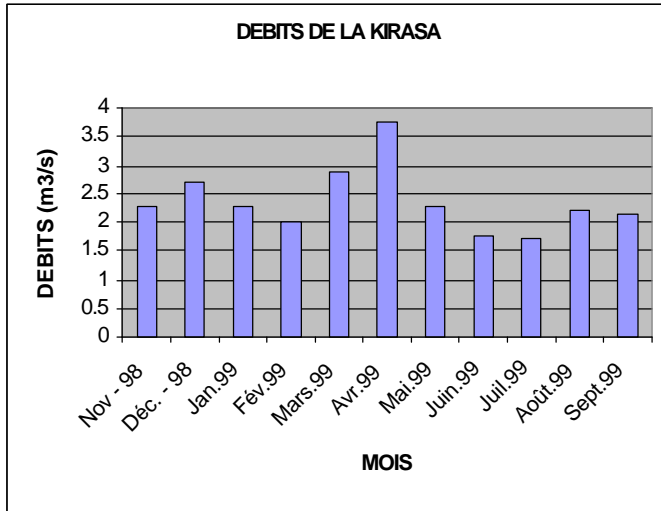


FIGURE 1 (suite) : LES DEBITS



3.1.2. Matières en suspension

Nous avons prélevé à l'aide d'une bouteille un échantillon de 1 litre d'eau perpendiculairement à l'axe du courant le long de la verticale ayant la plus grande vitesse d'écoulement et sur presque toute la profondeur.

Les matières en suspension ont été ensuite déterminées pour chaque échantillon prélevé après filtration, passage à l'étude et pesage avec précision à l'aide d'une balance électronique.

Les résultats sont rassemblés aussi dans le *Tableau 2* et les histogrammes de la *Figure 2*. On remarquera que plus le débit est grand, plus la quantité des matières en suspension est élevée.

TABLEAU 2 : LES MATIERES EN SUSPENSION (mg/l)

MOIS	RUSIZI	NTAHANGWA à la Brasserie	NTAHANGWA au pont du 28 Nov.	KARONGE	KIRASA	NYAMUSENYI	GATORORONGO I	GATORORONGO II
Nov. 98	779	136	-	173	203	63	33	-
Déc. 98	464	909	-	218	600	194	43	-
Jan. 99	2008	1239	-	348	177	53	67	24
Fév. 99	2460	170	77	151	57	28	18	33
Mars 99	1434	1549	3380	1213	868	824	841	798
Avr. 99	804	710	350	175	203	80	67	42
Mai 99	394	158	157	47	38	32	25	13
Juin 99	214	96	96	27	30	19	-	13
Juil. 99	242	168	28	22	25	19	-	4
Août 99	268	179	56	77	40	27	7	8
Sept. 99	221	200	56	501	351	2236	817	3601

FIGURE 2 : LES MATIERES EN SUSPENSION

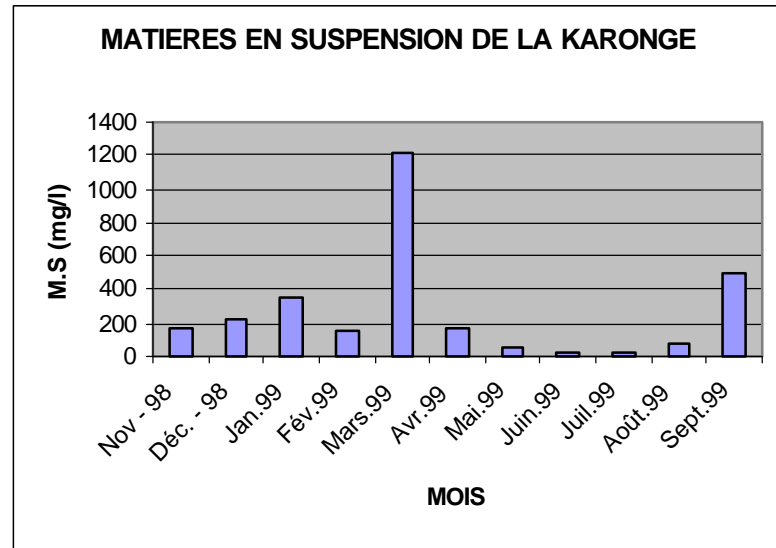
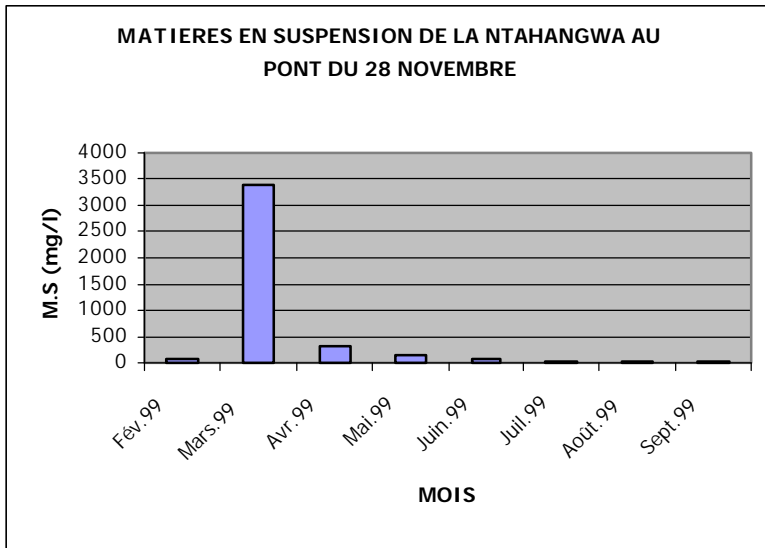
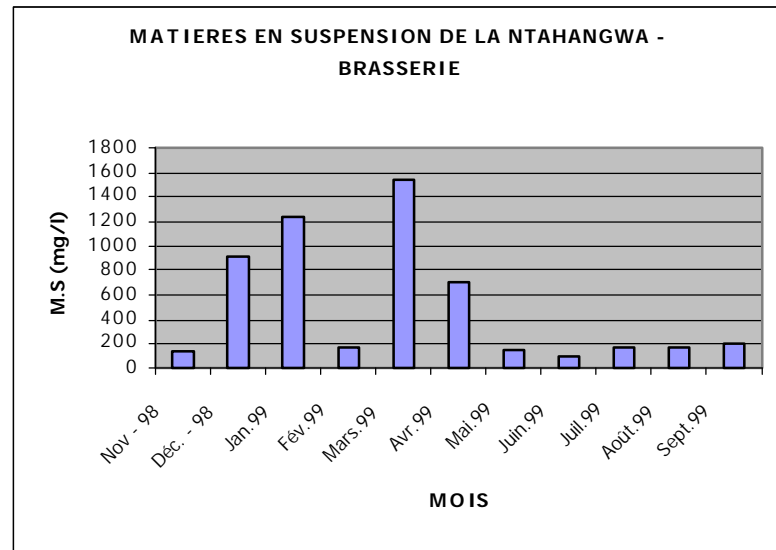
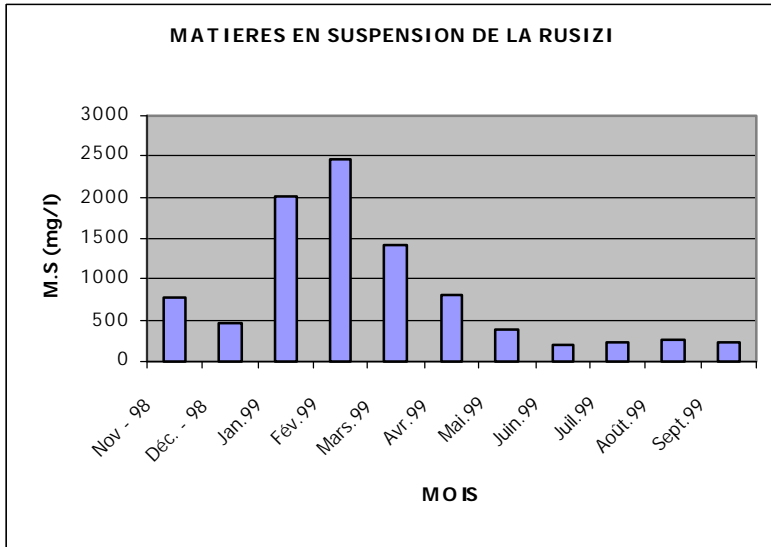
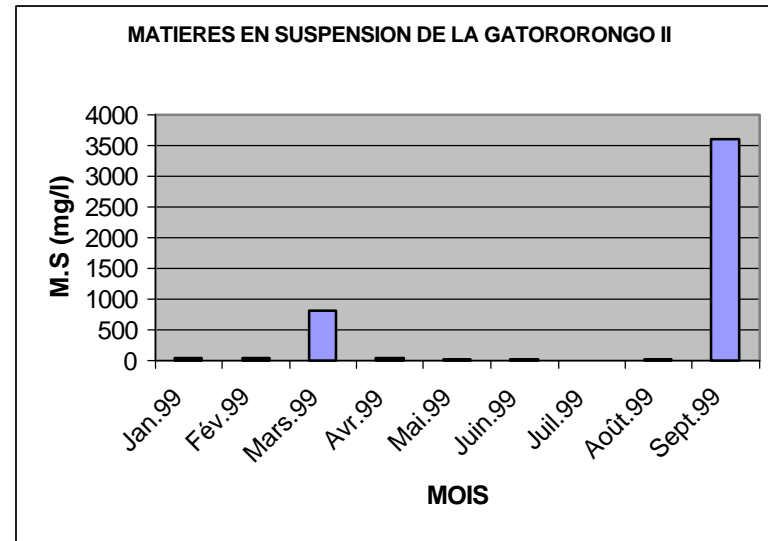
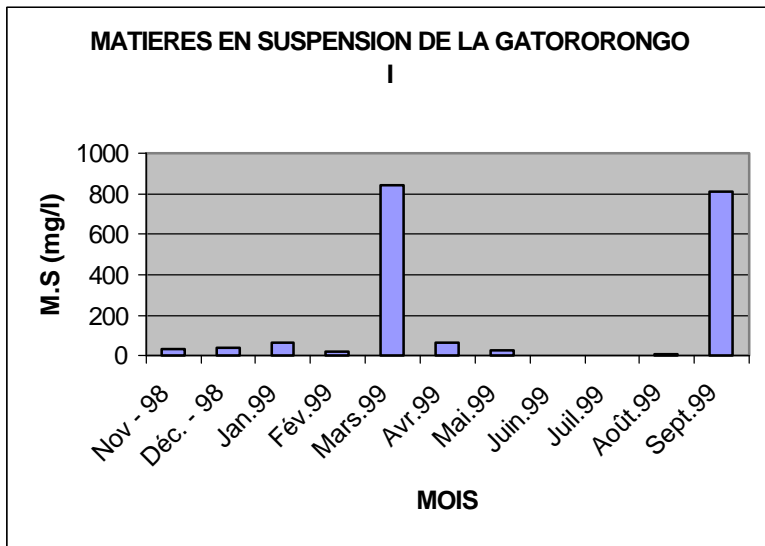
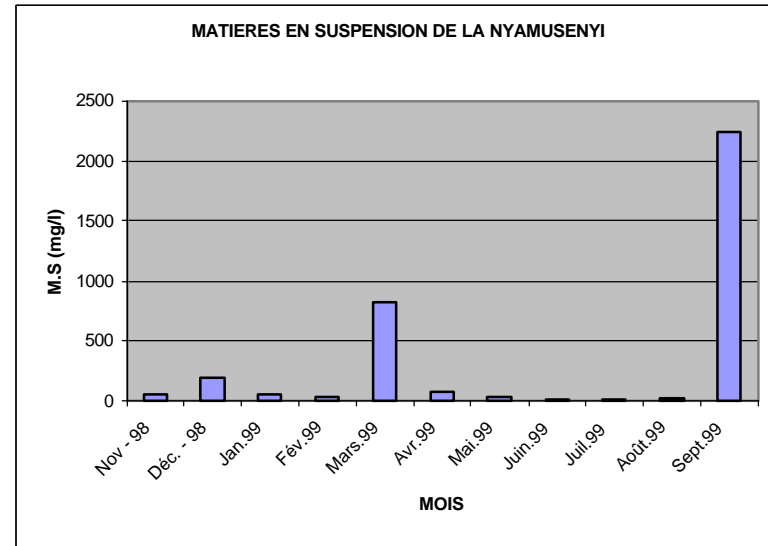
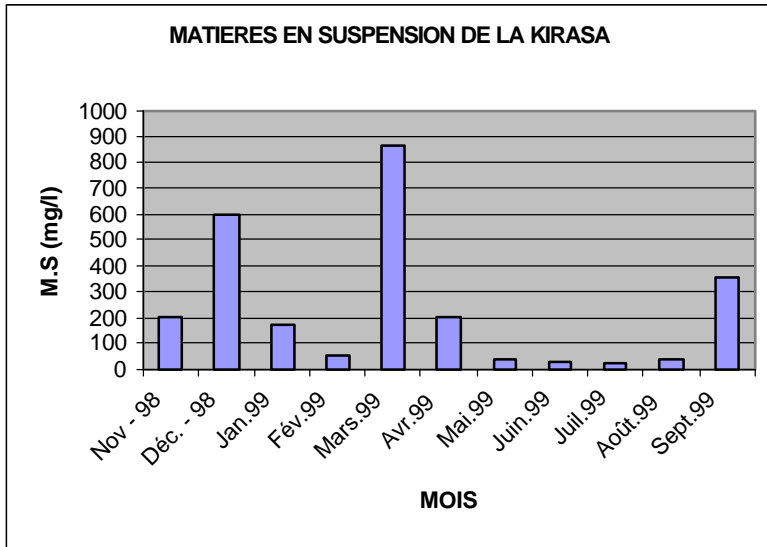


FIGURE 2 (suite) : LES MATIERES EN SUSPENSION



3.1.3. Caractéristiques physiques (pH et Température)

La détermination du pH et de la température de l'eau se fait directement sur terrain à l'aide d'un pH-mètre. Les résultats de ces mesures sont donnés dans les *Tableaux 3 et 4* et histogrammes des *Figures 3 et 4*.

TABLEAU 3 : LE pH

MOIS	RUSIZI	NTAHANGWA à la Brasserie	NTAHANGWA au pont du 28 Nov.	KARONGE	KIRASA	NYAMUSENYI	GATORORONGO I	GATORORONGO II
Nov. 98	9,07	7,87	-	7,78	7,55	7,85	8,85	-
Déc. 98	9,00	7,77	-	7,77	7,29	7,78	8,26	-
Jan. 99	7,79	7,99	-	8,09	7,58	8,04	8,18	8,29
Fév. 99	8,93	7,76	7,92	7,74	7,48	7,73	8,37	8,22
Mars 99	8,55	7,71	7,80	7,61	7,61	7,23	8,07	8,03
Avr. 99	8,81	7,72	8,03	7,90	7,71	7,84	8,58	8,07
Mai 99	9,04	7,90	8,06	8,08	7,60	8,08	7,78	8,34
Juin 99	9,17	7,77	7,77	8,10	7,87	7,85	-	8,42
Juil. 99	9,31	8,01	8,31	8,21	7,92	8,05	-	8,63
Août 99	9,47	7,27	8,33	8,15	7,62	8,30	9,60	8,78
Sept. 99	9,50	8,06	7,47	7,15	6,99	8,73	8,09	8,04

FIGURE 3 : LES pH

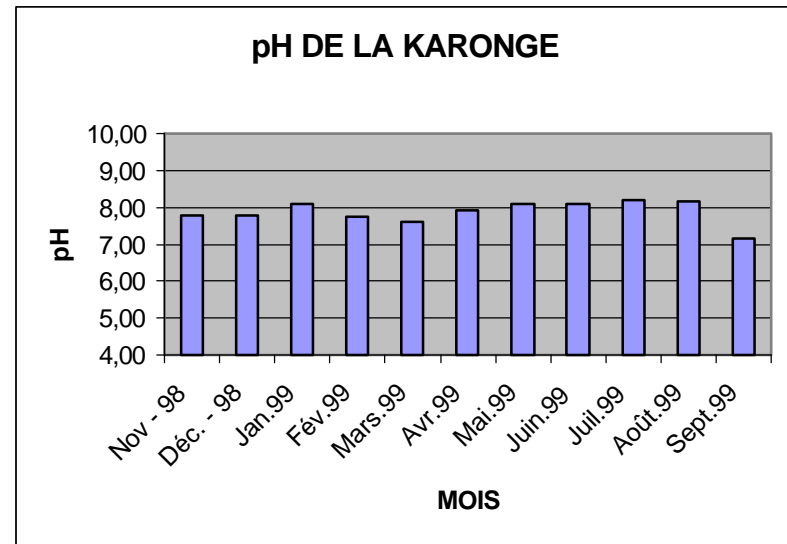
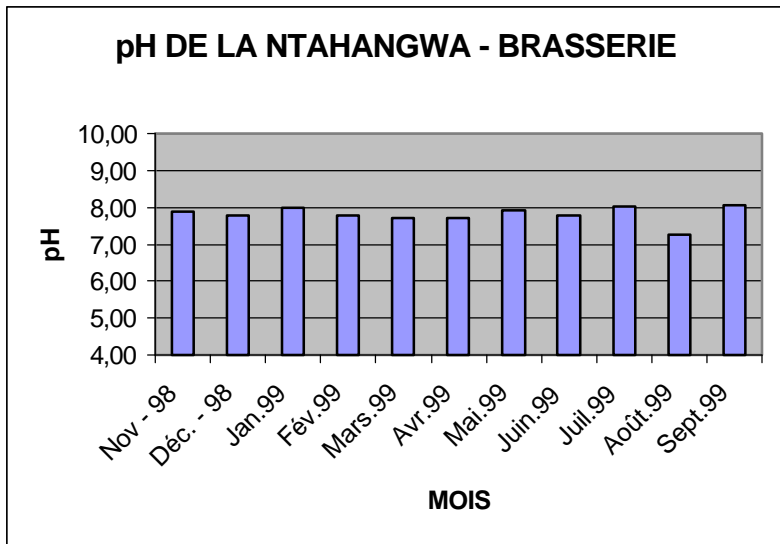
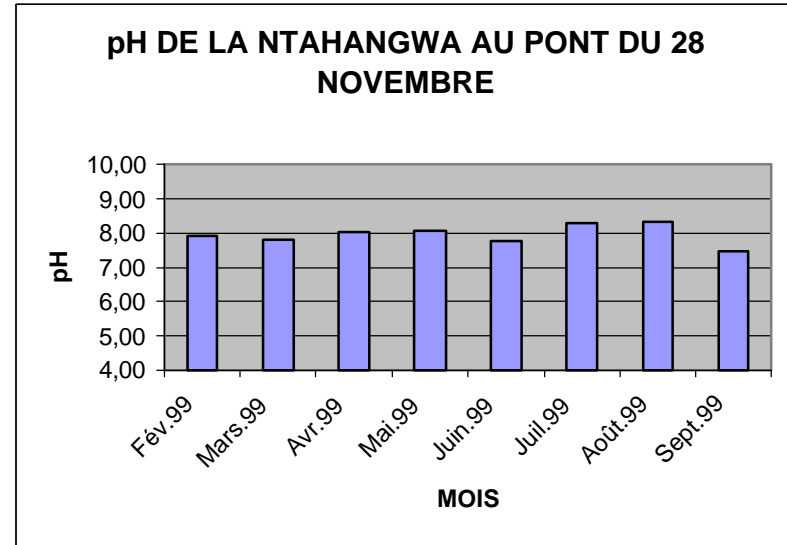
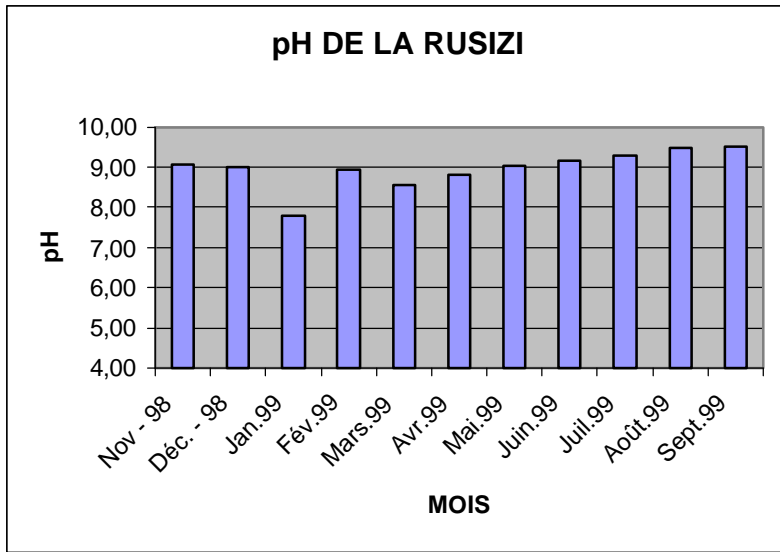


FIGURE 3 (suite) : LE pH

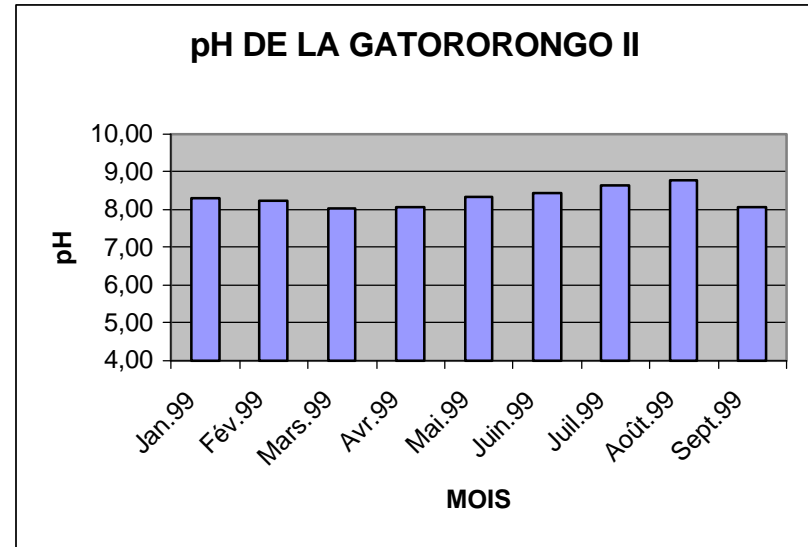
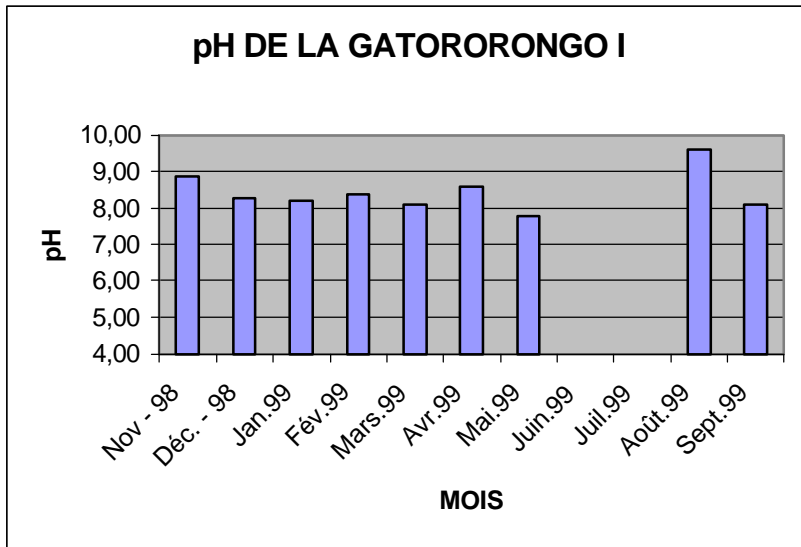
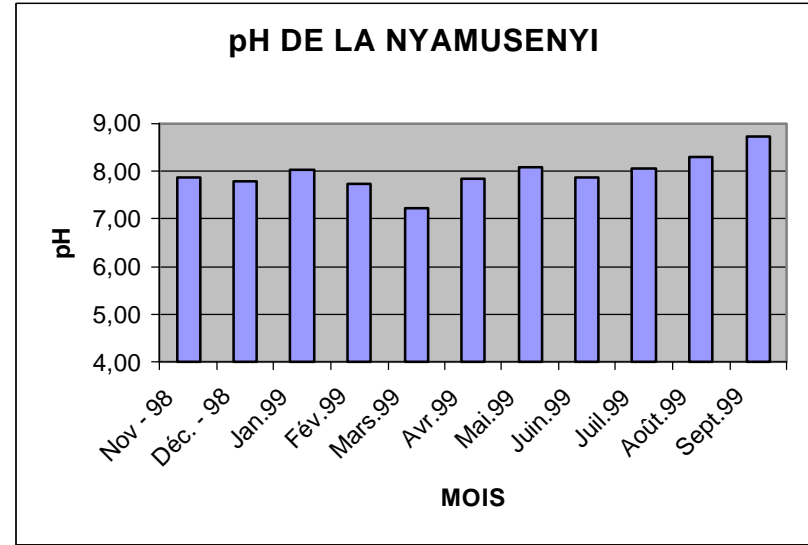
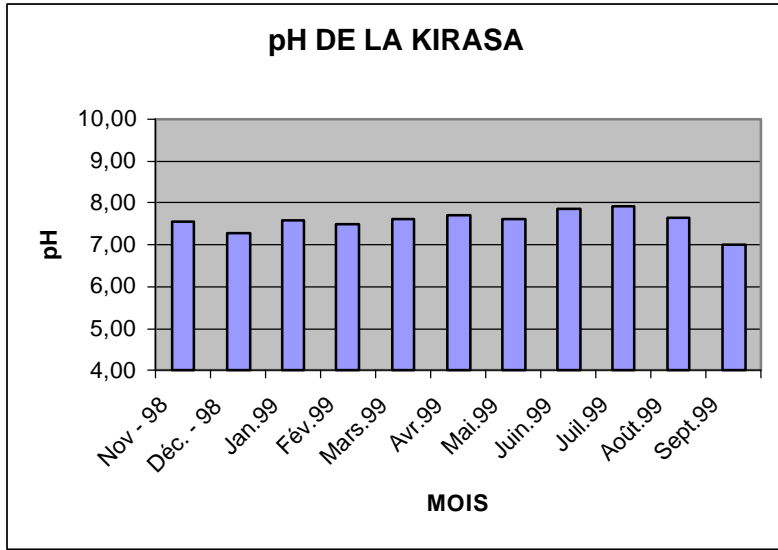


TABLEAU 4 : LES TEMPERATURES (°C)

MOIS	RUSIZI	NTAHANGWA à la Brasserie	NTAHANGWA au pont du 28 Nov.	KARONGE	KIRASA	NYAMUSENYI	GATORORONGO I	GATORORONGO II
Nov. 98	24,8	26,7	-	23,0	21,4	21,9	25,9	-
Déc. 98	24,6	28,1	-	23,2	21	21,0	24,6	-
Jan. 99	24,6	25,9	-	22,9	21,5	23,4	24,7	25,2
Fév. 99	25,8	27,9	26,7	22,6	21,7	22,8	28,0	26,2
Mars 99	23,7	22,8	21,4	23,8	21,4	21,6	25,3	23,4
Avr. 99	25,1	24,6	21,5	21,4	21,1	22,0	24,6	26,9
Mai 99	25,7	22,9	23,2	24,5	21,3	22,7	27,1	24,1
Juin 99	20,5	25,3	25,3	20,5	18,5	19,7	-	23,5
Juil. 99	23,8	25,2	20,2	23,8	20,6	20,1	-	24,3
Août 99	23,6	26	21,5	24,1	20,9	21,4	26,1	24,6
Sept. 99	26,0	27,4	24,3	21,9	20,4	21,5	25,6	24,6

FIGURE 4 : LES TEMPERATURES

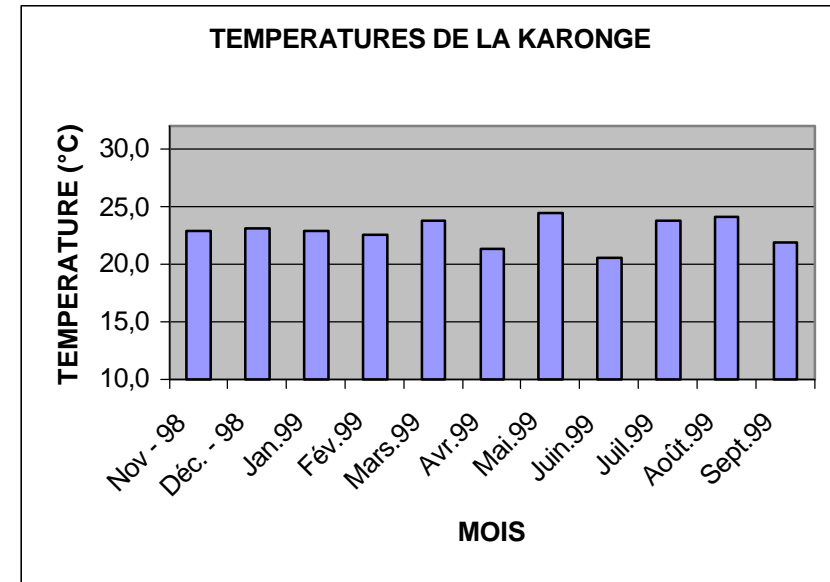
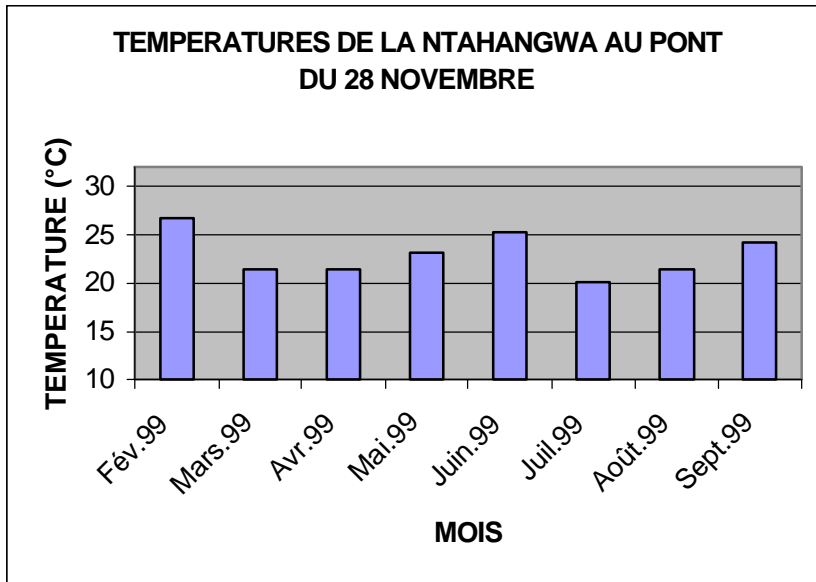
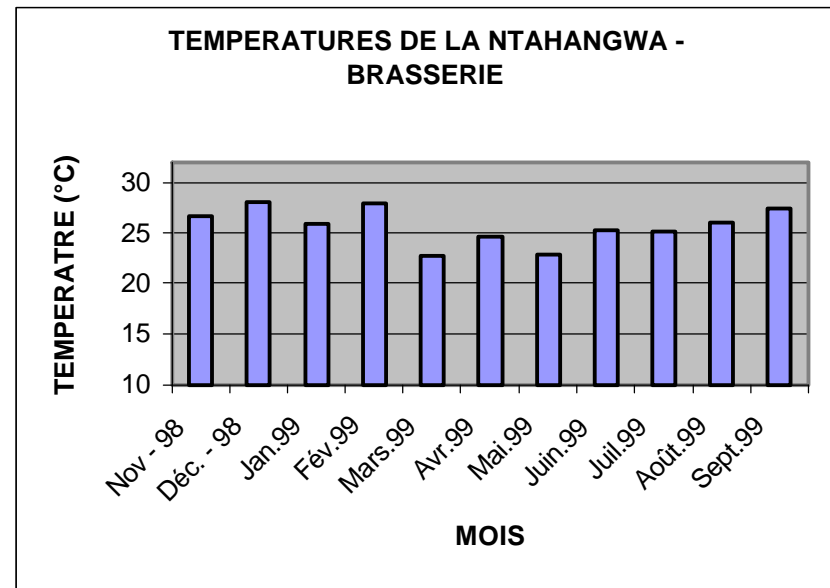
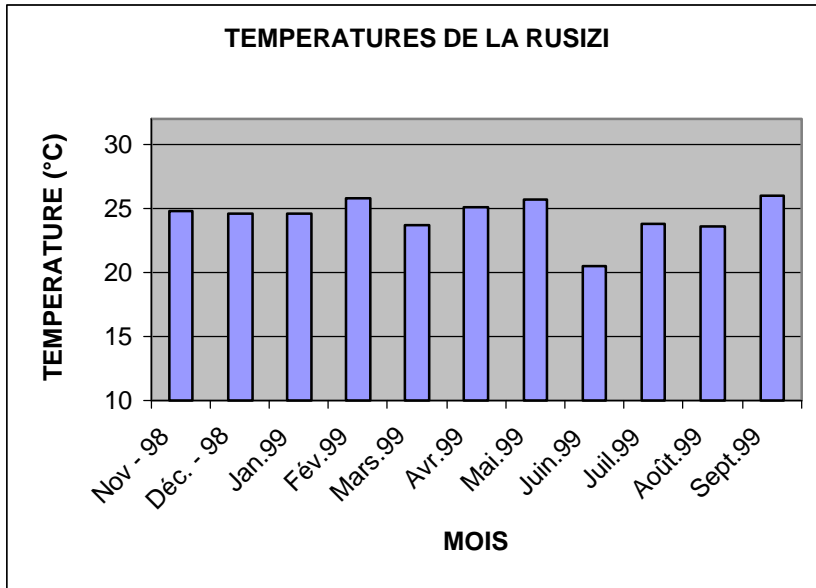
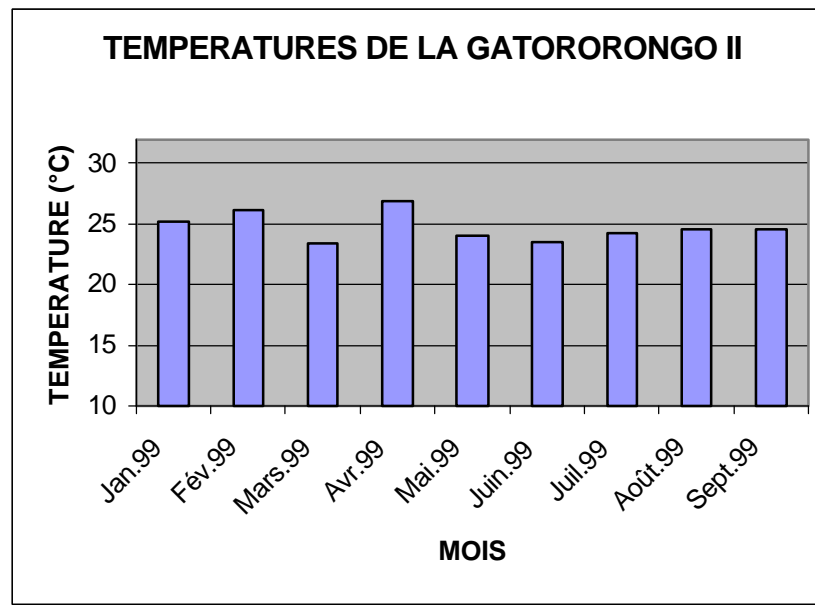
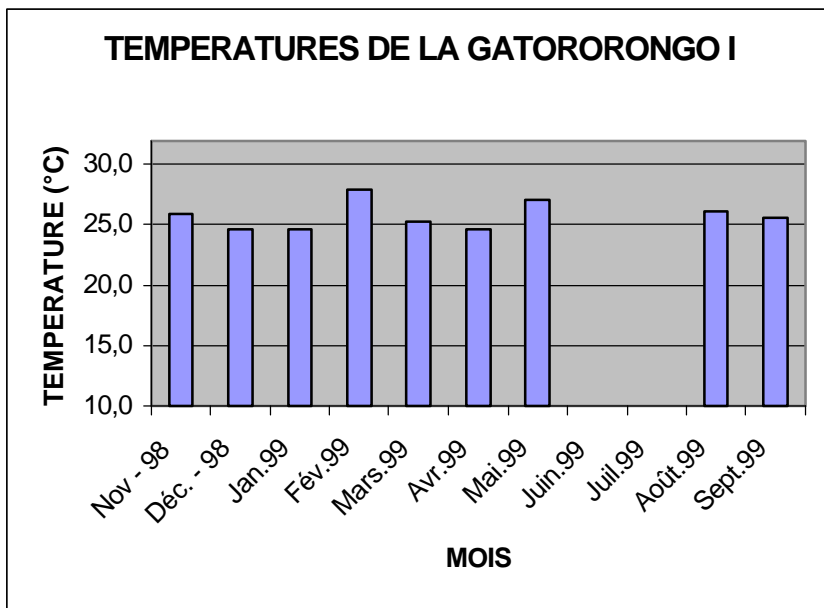
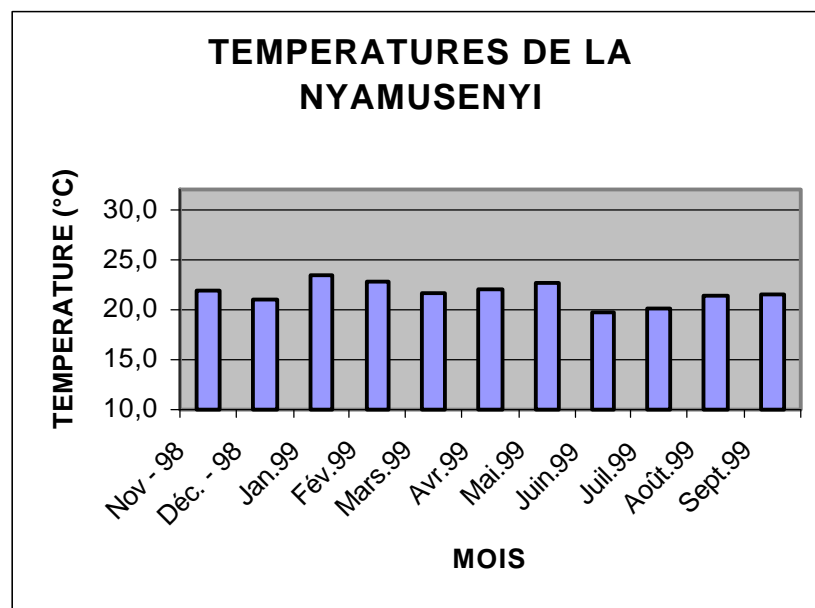
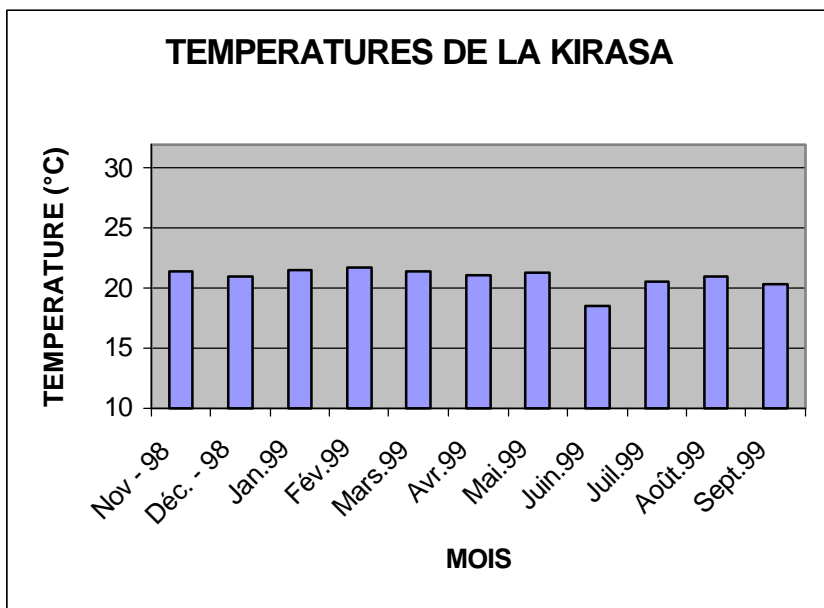


FIGURE 4 (suite) : LES TEMPERATURES



3.1.4. Observations limnimétriques et courbes de tarage et de transport solide

Les observations limnimétriques sont faites sur la Rusizi depuis le mois de Décembre 1998 tandis que pour les autres stations, elles n'ont commencé qu'en date du 21 Mai 1999. C'est à cette date que l'on a terminé leur installation. Les observations sont faites deux fois par jour : 8 h et 17 h pour la Rusizi, 7 h et 17 h pour les autres stations. Les hauteurs journalières moyennes pondérées ont été calculées suivant les formules :

$$H_1 = \left[\frac{8h_1 + 17h}{2} \times 9 + \frac{17h + 8h_2}{2} \times 15 \right] / 24$$

$$H_2 = \left[\frac{7h_1 + 17h}{2} \times 10 + \frac{17h + 8h_2}{2} \times 14 \right] / 24$$

Où H_1 : Hauteur journalière moyenne pondérée pour la station Rusizi

H_2 : Hauteur journalière moyenne pondérée pour les autres stations

$7h_1$ = Lecture faite à 7h le jour j

$8h_1$: Lecture faite à 8h le jour j

$17h$ = Lecture faite à 17h le jour j

$7h_2$ = Lecture faite à 7h le jour j + 1

$8h_2$: Lecture faite à 8h le jour j + 1

Les fiches d'observations sont présentées dans les *Tableaux 5 à 10* qui suivent. Les hauteurs qui y sont mentionnées sont des moyennes pondérées calculées sur base des formules données ci-dessus pour chaque journée.

Il a été possible d'établir la relation $Q = f(H)$ entre le débit Q calculé et la hauteur journalière moyenne pondérée H pour la plupart des rivières, cependant la période d'observations a été trop courte pour couvrir l'ensemble d'une année hydrologique qui va de septembre à août de l'année calendrier suivante.

La période d'observations déjà couverte (mai – septembre) correspond seulement à celle d'étiage et donc les courbes de tarage sont pour cette période uniquement à part pour la rivière Rusizi pour laquelle il a été possible d'obtenir des données sur une année entière.

Les courbes de tarage des rivières Gatororongo I et Gatororongo II – Mwambuko n'ont pas pu être établies pour les raisons suivantes :

- La Gatororongo I était déjà à sec dès le mois de mai 1999. On ne pouvait pas se contenter des deux valeurs d'août et de septembre et tracer une courbe de tarage convenable.
- Quant à la Gatororongo II – Mwambuko, l'éboulement de pierres qui s'est produit en date du 05 /08/99 et qui a fait passer le niveau de 0.22 à 0.74 m sur l'échelle sans pour autant augmenter le débit, a provoqué un détarage de la station. Il n'est resté que deux valeurs de débits avant et après cet événement. Ces valeurs ne nous ont pas permis de tracer une courbe adéquate.

- Pour les mêmes raisons que pour les courbes de tarage, les courbes du transport solide n'ont pas pu être établies pour les deux rivières Gatororongo I et Gatororongo II – Mwambuko.
- Pour les autres rivières, les valeurs des matières en suspension sont tellement disparates qu'il est pratiquement impossible de tracer une courbe qui soit représentative du nuage de points. Ce qu'on a pu faire est de montrer graphiquement cette dispersion des points. Ceci est probablement dû au fait que les valeurs d'août et septembre ont été gonflées par le lessivage causé par les premières pluies du début de la saison pluvieuse.

Les courbes de tarage et les graphiques du transport solide des rivières sont présentés en *Annexe 2*.

**TABLEAU 5 : FICHE D'OBSERVATIONS
LIMNIMETRIQUES POUR LA RUSIZI**

RIVIERE : RUSIZI
STATION : GATUMBA

BASSIN : TANGANYIKA
PERIODE : Déc. 98 – Sept. 99

Date	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.
1		1.17	1.13	0.93	1,78	1,27	1,16	1,07	0,99	1,11
2		1.25	1.06	1.03	1,74	1,26	1,16	1,11	0,97	1,18
3		1.05	0.98	1.05	1,73	1,31	1,15	1,06	0,98	1,12
4		1.06	0.90	1.03	1,72	1,39	1,13	1,04	1,07	1,03
5		1.18	0.80	1.02	1,65	1,55	1,09	1,04	1,08	0,98
6		1.23	0.82	1.02	1,64	1,54	1,07	1,07	1,05	1,00
7	0.86	1.13	0.83	1.00	1,64	1,49	1,12	1,07	1,02	1,00
8	0.93	1.04	0.93	1.23	1,68	1,39	1,15	1,04	1,00	0,97
9	0.98	1.17	0.91	1.37	1,76	1,32	1,17	1,01	1,01	0,95
10	0.88	1.28	0.91	1.40	1,79	1,24	1,17	0,92	1,02	0,94
11	0.86	1.17	1.14	1.19	1,75	1,24	1,18	1,00	1,05	0,92
12	0.90	1.17	1.16	1.21	1,7	1,23	1,14	1,03	1,07	0,98
13	0.99	1.06	1.08	1.37	1,55	1,25	1,1	1,04	1,07	1,07
14	0.84	1.19	1.04	1.54	1,58		1,13	1,07	1,05	1,05
15	0.91	1.11	1.01	1.54	1,54		1,14	1,03	1,01	1,11
16	0.95	1.14	1.03	1.47	1,46		1,13	1,00	0,97	1,18
17	1.02	1.25	1.01	1.31	1,34	1,32	1,16	1,03	0,92	1,10
18	0.94	1.28	0.95	1.30	1,32	1,29	1,13	1,06	0,89	1,02
19	0.94	1.29	0.95	1.25	1,48	1,26	1,07	1,06	0,98	0,95
20	0.92	1.27	0.95	1.50	1,59	1,24	1,02	1,05		0,89
21	0.93	1.23	0.92	1.50	1,54	1,25	1,07	1,02		0,86
22	0.89	1.26	0.89	1.40	1,51	1,26	1,13	1,01		
23	0.93	1.25	0.90	1.30	1,5	1,28	1,11	1,04		
24	0.94	1.28	0.91	1.20	1,54	1,27	1,1	1,03		
25	0.95	1.15	0.88	1.44	1,49	1,23	1,1	1,02		
26	0.90	1.11	0.98	1.71	1,49	1,17	1,06	1,06	1,21	
27	0.96	1.05	0.95	1.74	1,5	1,15	1,01	1,03	1,13	
28	1.06	1.06	0.95	1.74	1,41	1,2	1	1,04	1,17	
29	1.16	1.06		1.63	1,37	1,15	1,03	1,02	1,11	
30	1.17	1.06		1.61	1,29	1,14	1,06	1,00	1,15	
31	1.10	1.12		1.82		1,12		0,98	1,04	

**TABLEAU 6 : FICHE D'OBSERVATIONS
LIMNIMETRIQUES POUR LA NTAHANGWA**

RIVIERE : NTAHANGWA
STATION : BRASSERIE

BASSIN : TANGANYIKA
PERIODE : Mai 99 – Sept. 99

Date	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre
1		0,50	0,44	0,43	0,45
2		0,50	0,44	0,43	0,45
3		0,50	0,43	0,43	0,43
4		0,49	0,44	0,43	0,41
5		0,49	0,44	0,43	0,41
6		0,49	0,44	0,43	0,41
7		0,49	0,44	0,43	0,40
8		0,49	0,44	0,43	0,40
9		0,49	0,44	0,43	0,40
10		0,49	0,43	0,43	0,40
11		0,48	0,43	0,43	0,39
12		0,49	0,43	0,42	0,41
13		0,49	0,43	0,42	0,40
14		0,48	0,43	0,42	0,40
15		0,48	0,43	0,42	0,39
16		0,48	0,43	0,42	0,39
17		0,47	0,43	0,42	0,39
18		0,47	0,43	0,42	0,39
19		0,47	0,43	0,41	0,39
20	0,64	0,46	0,43	0,42	0,38
21	0,63	0,46	0,43	0,42	0,39
22	0,62	0,45	0,43	0,42	0,38
23	0,59	0,45	0,43	0,49	0,39
24	0,58	0,46	0,43	0,51	0,39
25	0,56	0,45	0,43	0,46	0,39
26	0,55	0,45	0,43	0,49	0,39
27	0,54	0,44	0,42	0,48	0,40
28	0,53	0,44	0,43	0,45	0,43
29	0,53	0,44	0,43	0,44	
30	0,52	0,44	0,43	0,43	
31	0,5		0,43	0,43	

**TABLEAU 7 : FICHE D'OBSERVATIONS
LIMNIMETRIQUES POUR LA KARONGE**

RIVIERE : KARONGE
STATION : MUTUMBA

BASSIN : TANGANYIKA
PERIODE : Mai – Septembre 99

Date	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre
1		0,39	0,34	0,34	0,40
2		0,39	0,34	0,35	0,40
3		0,4	0,34	0,35	0,42
4		0,39	0,34	0,36	0,41
5		0,38	0,34	0,37	0,40
6		0,37	0,35	0,41	0,38
7		0,37	0,35	0,45	0,38
8		0,36	0,34	0,42	0,37
9		0,35	0,34	0,42	0,37
10		0,34	0,34	0,42	0,37
11		0,33	0,34	0,42	0,36
12		0,33	0,34	0,41	0,40
13		0,32	0,34	0,40	0,40
14		0,33	0,34	0,40	0,40
15		0,35	0,34	0,38	0,38
16		0,36	0,34	0,38	0,38
17		0,36	0,34	0,38	0,37
18	0,44	0,37	0,33	0,37	0,38
19	0,43	0,37	0,33	0,36	0,39
20	0,42	0,36	0,35	0,36	0,38
21	0,42	0,35	0,35	0,36	0,38
22	0,41	0,34	0,35	0,36	0,39
23	0,42	0,34	0,35	0,36	0,38
24	0,42	0,34	0,35	0,36	0,39
25	0,40	0,35	0,34	0,37	0,40
26	0,40	0,36		0,40	0,58
27	0,39	0,35		0,39	0,51
28	0,39	0,35		0,39	0,53
29	0,39	0,34		0,40	
30	0,39	0,34		0,41	
31	0,39			0,39	

**TABLEAU 8 : FICHE D'OBSERVATIONS
LIMNIMETRIQUES POUR LA KIRASA**

RIVIERE : KIRASA
STATION : MUTUMBA

BASSIN : TANGANYIKA
PERIODE : Mai – Septembre 99

Date	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre
1		0,54	0,48	0,47	0,50
2		0,53	0,48	0,47	0,50
3		0,52	0,48	0,47	0,48
4		0,52	0,48	0,48	0,47
5		0,52	0,48	0,50	0,47
6		0,51	0,48	0,50	0,47
7		0,50	0,48	0,50	0,47
8		0,50	0,48	0,49	0,47
9		0,50	0,48	0,49	0,47
10		0,50	0,48	0,49	0,47
11		0,50	0,48	0,48	0,48
12		0,49	0,48	0,48	0,51
13		0,49	0,48	0,48	0,49
14		0,49	0,48	0,48	0,49
15		0,49	0,48	0,48	0,48
16		0,49	0,48	0,48	0,47
17		0,49	0,48	0,48	0,47
18		0,49	0,47	0,48	0,47
19	0,51	0,49	0,47	0,47	0,47
20	0,54	0,49	0,47	0,47	0,48
21	0,54	0,49	0,47	0,47	0,48
22	0,53	0,49	0,47	0,48	0,48
23	0,54	0,49	0,47	0,50	0,48
24	0,54	0,49	0,47	0,50	0,48
25	0,54	0,48	0,47	0,50	0,48
26	0,53	0,48	0,47	0,50	0,48
27	0,53	0,48	0,47	0,50	0,53
28	0,54	0,48	0,47	0,49	0,52
29	0,53	0,48	0,47	0,49	
30	0,53	0,48	0,47	0,49	
31	0,53		0,47	0,49	

**TABLEAU 9 : FICHE D'OBSERVATIONS
LIMNIMETRIQUES POUR LA NYAMUSENYI**

RIVIERE : NYAMUSENYI
STATION : GITAZA

BASSIN : TANGANYIKA
PERIODE : Mai – Sept. 99

Date	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre
1		0,56	0,53	0,52	0,53
2		0,55	0,53	0,52	0,53
3		0,55	0,53	0,52	0,52
4		0,55	0,53	0,52	0,51
5		0,55	0,53	0,55	0,51
6		0,55	0,53	0,53	0,51
7		0,55	0,53	0,53	0,51
8		0,55	0,53	0,53	0,51
9		0,54	0,53	0,53	0,51
10		0,54	0,53	0,53	0,51
11		0,55	0,53	0,53	0,53
12		0,55	0,53	0,53	0,53
13		0,55	0,53	0,53	0,53
14		0,55	0,53	0,53	0,52
15		0,55	0,53	0,53	0,50
16		0,54	0,53	0,53	0,50
17		0,54	0,53	0,52	0,50
18		0,54	0,53	0,52	0,50
19		0,54	0,53	0,52	0,50
20	0,58	0,54	0,53	0,52	0,51
21	0,57	0,54	0,53	0,51	0,52
22	0,57	0,54	0,53	0,51	0,52
23	0,56	0,54	0,53	0,51	0,52
24	0,56	0,54	0,53	0,51	0,52
25	0,57	0,54	0,53	0,52	0,52
26	0,56	0,54	0,53	0,53	0,51
27	0,56	0,54	0,52	0,52	0,51
28	0,56	0,53	0,52	0,53	
29	0,56	0,53	0,52	0,53	
30	0,56	0,53	0,52	0,52	
31	0,56		0,52	0,53	

**TABLEAU 10 : FICHE D'OBSERVATIONS
LIMNIMETRIQUES POUR LA GATORORONGO II**

RIVIERE : GATORORONGO II
STATION : MUBONE

BASSIN : TANGANYIKA
PERIODE : Mai – Sept. 99

Date	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre
1		0,21	0,21	0,22	0,73
2		0,21	0,21	0,22	0,73
3		0,21	0,21	0,22	0,73
4		0,21	0,21	0,36	0,74
5		0,21	0,21	0,74	0,73
6		0,21	0,21	0,65	0,73
7		0,21	0,21	0,66	0,73
8		0,21	0,21	0,74	0,73
9		0,21	0,21	0,74	0,74
10		0,21	0,21	0,74	0,74
11		0,21	0,21	0,74	0,74
12		0,21	0,21	0,73	0,74
13		0,21	0,21	0,73	0,74
14		0,21	0,21	0,73	0,74
15		0,21	0,21	0,73	0,73
16		0,22	0,21	0,74	0,73
17		0,22	0,22	0,74	0,73
18	0,21	0,21	0,21	0,74	0,73
19	0,21	0,21	0,21	0,74	0,74
20	0,21	0,21	0,21	0,74	0,74
21	0,21	0,22	0,21	0,74	0,73
22	0,21	0,21	0,21	0,74	0,73
23	0,22	0,21	0,21	0,74	0,74
24	0,22	0,21	0,21	0,74	0,75
25	0,21	0,21	0,21	0,74	0,75
26	0,21	0,21	0,21	0,74	0,77
27	0,21	0,21	0,21	0,74	0,79
28	0,21	0,21	0,21	0,74	
29	0,21	0,21	0,21	0,73	
30	0,21	0,21	0,22	0,73	
31	0,21		0,22	0,73	

présente étude. Les données collectées lors de la présente étude permettront, en intégration avec les autres aspects de l'Etude Spéciale des Sédiments et les autres Etudes Spéciales, à l'évaluation de l'impact de la sédimentation sur la diversité biologique du lac Tanganyika et à l'identification de mesures adéquates à prendre pour préserver cette diversité.

3.2 SEDIMENTOLOGIE

3.2.1 Echantillonnage

a. Méthodologie

Le programme d'échantillonnage sédimentologique consistait en prélèvements de sédiments en lit vif à l'embouchure des rivières Rusizi, Ntahangwa, Karonge, Kirasa, Nyamusenyi et Gatororongo. Les échantillons prélevés sont soumis à un premier tamisage sur le site même ; les fractions +2mm, -2mm + 1mm et -1mm sont conservées séparément.

Un échantillon d'eau (11) est prélevé en même temps que celui de sédiments pour la détermination de la masse de matières solides en suspension. Le pH, la température et la conductivité de l'eau sont mesurés au moment du prélèvement.

b. Résultats

Un total de 57 échantillons de sédiments et d'eau ont été prélevés au cours de la période de l'étude qui s'étendait d'octobre 1998 à août 1999. Le rythme d'échantillonnage initialement prévu à savoir 2 échantillons par rivière et par mois en saison des pluies et 1 échantillon par rivière et par mois en saison sèche n'a pas pu être respecté pour plusieurs raisons, essentiellement les raisons sécuritaires.

3.2.2 Caractérisation granulométrique des sédiments

a. Méthodologie

Le protocole de traitement des échantillons par fractionnement granulométrique était le suivant :

- séchage des échantillons à l'étuve pendant 12 heures après le prélèvement ;
- tamisage en voie humide aux mailles de 2mm, 1mm, 630 μ m, 500 μ m, 250 μ m, 125 μ m et 75 μ m;
- séchage des fractions ainsi obtenues à l'étuve pendant environ 12 heures ;
- pesage des fractions granulométriques et calcul du pourcentage pondéral de chaque fraction.

b. Résultats

Les résultats ont été présentés sous forme d'histogrammes (*Figures 5 à 10*) reprenant en abscisses les fractions granulométriques et en ordonnées les pourcentages pondéraux des différentes fractions.

Pour illustrer les tendances granulométriques des sédiments des divers affluents étudiés, nous avons choisi, pour chaque rivière, les échantillons représentatifs de ces tendances que nous commentons dans les paragraphes ci-après.

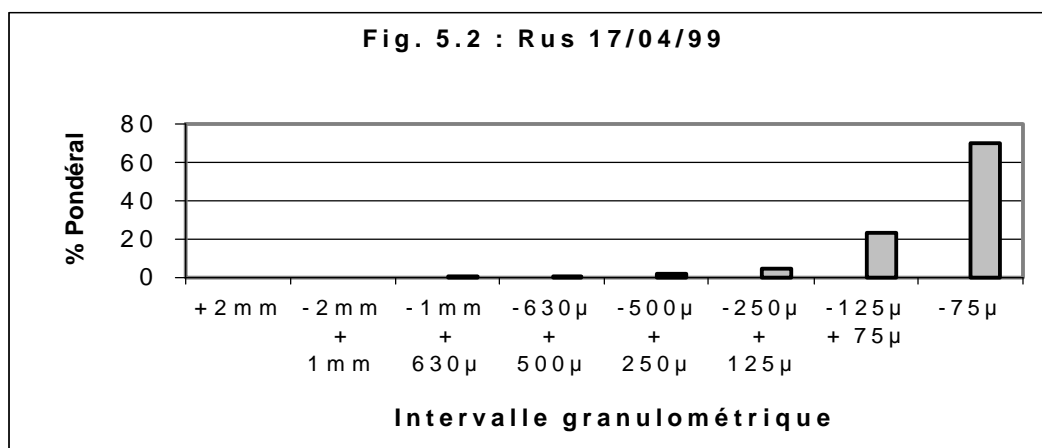
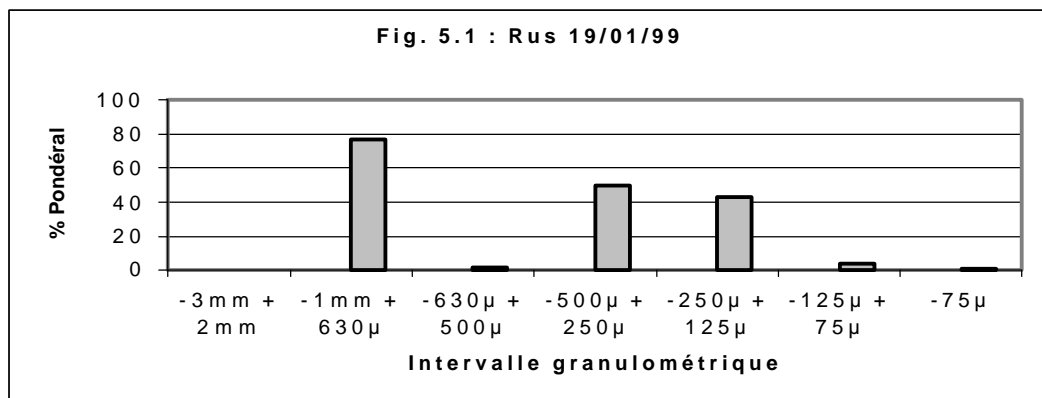
1. Les sédiments de la Ruzizi

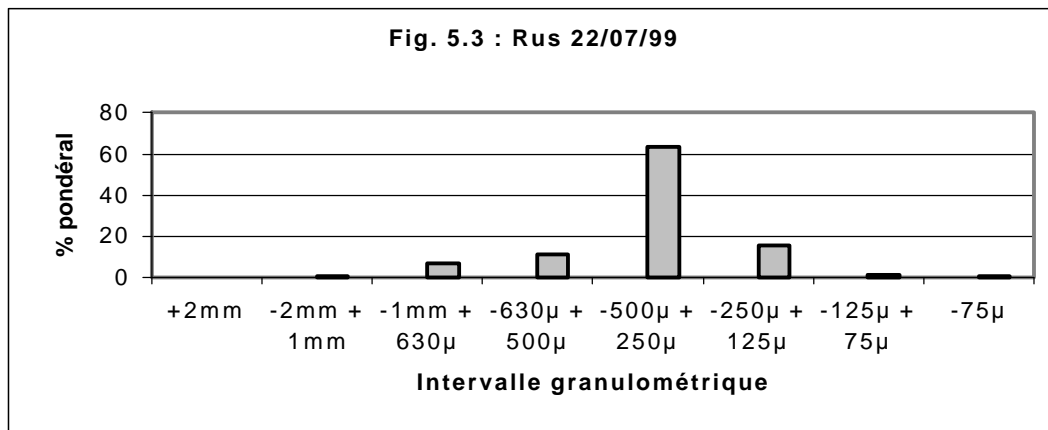
Les sédiments qui entrent dans le lac par la Ruzizi sont essentiellement des sédiments fins. Trois tendances s'observent à travers l'ensemble des échantillons prélevés au cours de l'étude; ces trois tendances correspondent aux trois catégories d'échantillons suivantes (*Figure 5*) :

- a. les échantillons constitués essentiellement de la fraction la plus fine (-250 μ m + 75 μ m) ;
- b. les échantillons constitués essentiellement (>90%) de la fraction fine (-500 μ m + 125 μ m) ;
- c. les échantillons dans lesquels prédomine la fraction la moins fine (-630 μ m + 125 μ m).

La finesse des sédiments de la Ruzizi s'explique par les caractéristiques de son bassin versant qui est très étendu et pratiquement sans relief sur la plus grande partie de sa superficie.

Figure 5: Répartition granulométrique des sédiments de la Ruzizi

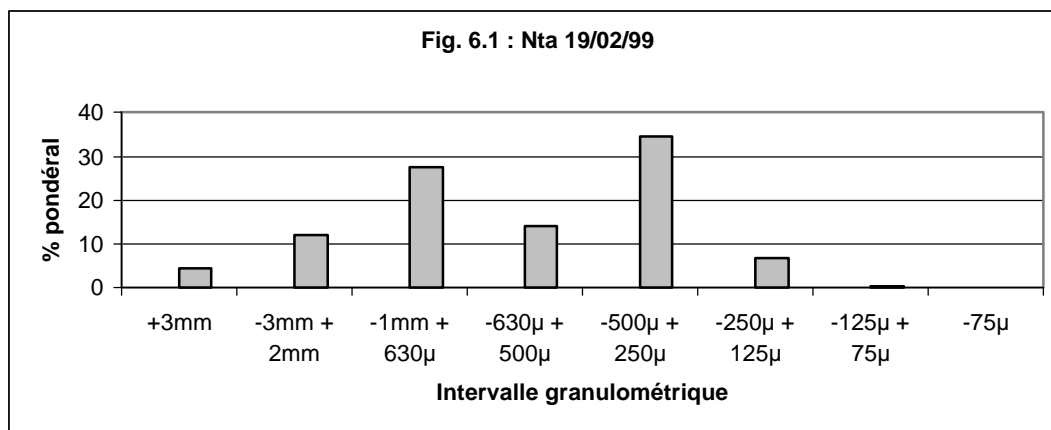


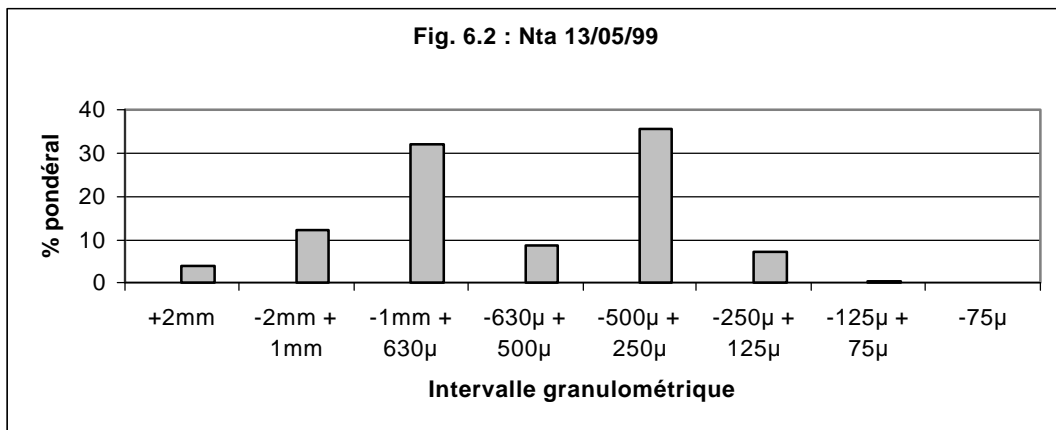


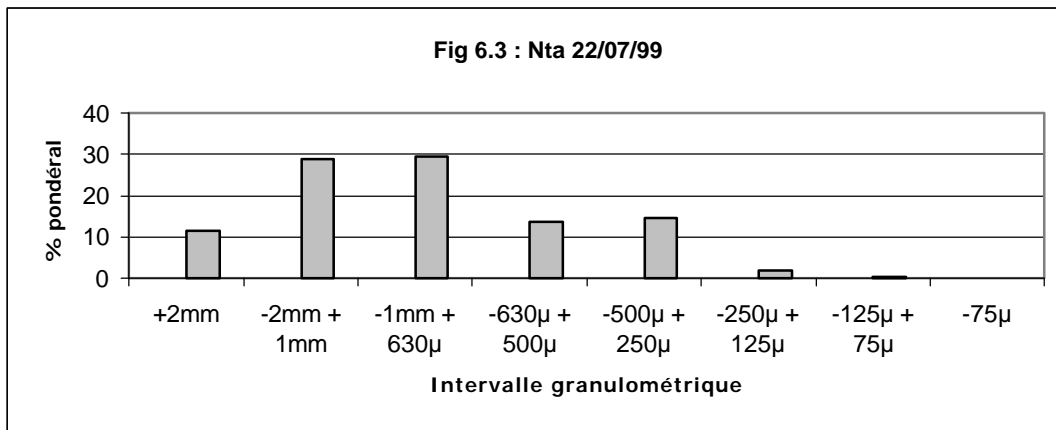
2. Les Sédiments de la Ntahangwa.

Les sédiments de la Ntahangwa sont essentiellement grossiers puisque constitués à plus de 90% de la fraction grossière (-2mm + 250µ). De plus, pratiquement tous les échantillons récoltés dans cette rivière ont la même tendance statistique d'une population bimodale avec un pic à -1mm + 630µ et -500µ + 250µ respectivement (*Figures 6.1 et 6.2*) à l'exception de l'un ou l'autre échantillon dont la répartition granulométrique est unimodale (*Figure 6.3*).

Figure 6: Répartition granulométrique des sédiments de la Ntahangwa



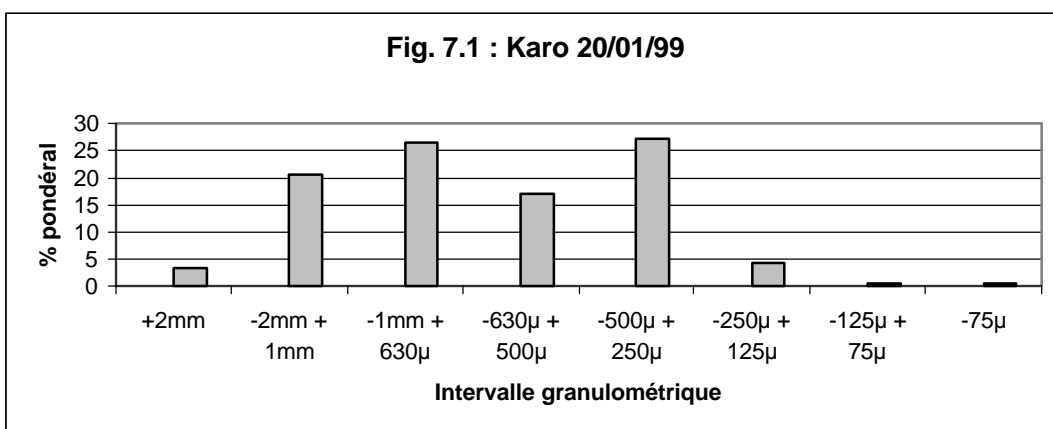


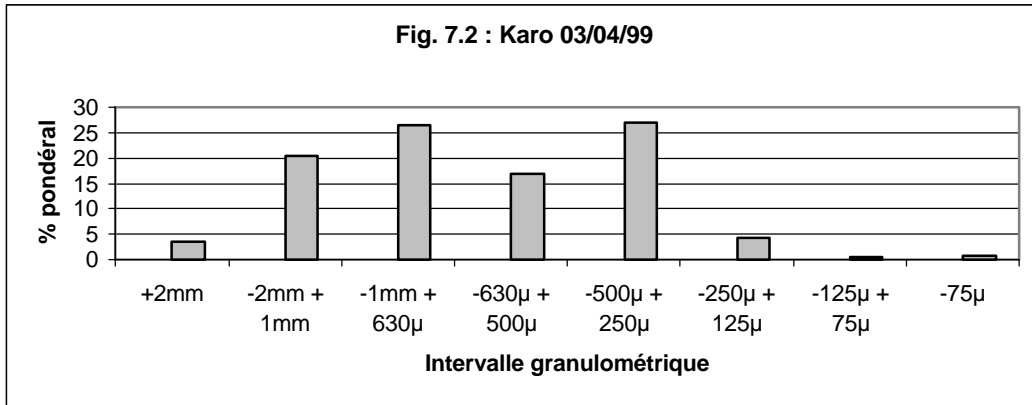


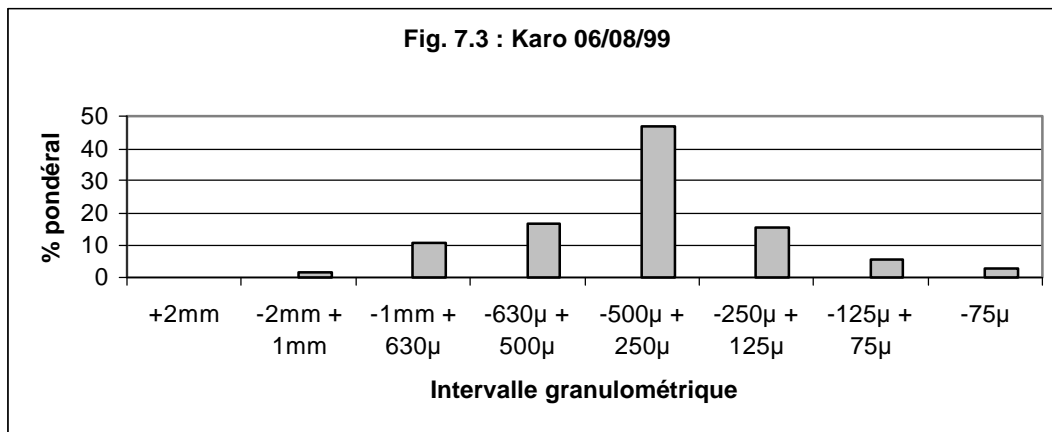
3. Les sédiments de la Karonge

Les sédiments charriés par la Karonge présentent des caractéristiques proches de celles des sédiments de la Ntakangwa à savoir une répartition bimodale avec des pics à $-1\text{m} + 630\mu\text{m}$ et $-500\mu\text{m} + 205\mu\text{m}$ respectivement (*Figures 7.1 et 7.2*). Toutefois comme dans le cas de la Ntakangwa, il existe des échantillons dont la répartition granulométrique est unimodale (*Figure 7.3*).

Figure 7: Répartition granulométrique des sédiments de la Karonge







4. Les sédiments de la Kirasa et de la Nyamusenyi.

Les sédiments de la Kirasa et de la Nyamusenyi sont essentiellement grossiers, à plus de 65% supérieurs à 500µm. Deux tendances se dégagent : une répartition pratiquement unimodale à légèrement bimodale (*Figures 8.1 et 9.1* respectivement) et une répartition nettement bimodale (*Figures 8.2 et 8.3 – Figures 9.2 et 9.3* respectivement).

Figure 8: Répartition granulométrique des sédiments de la Kirasa

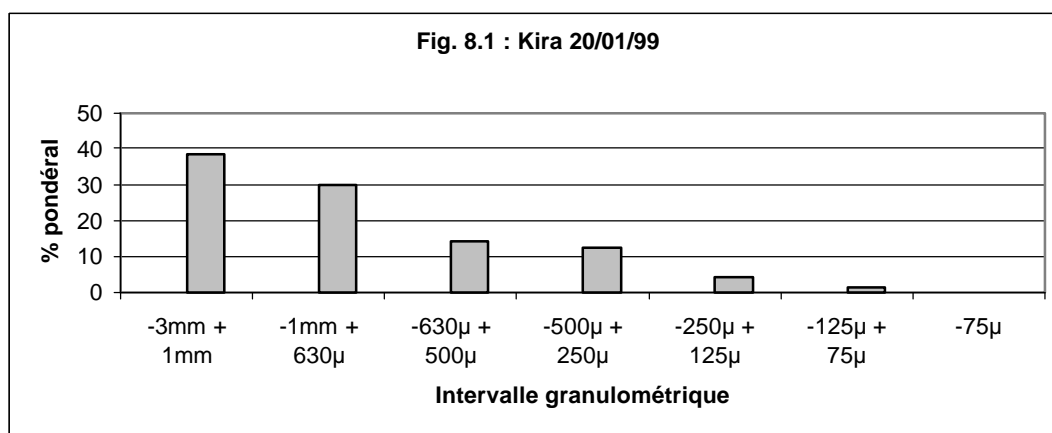
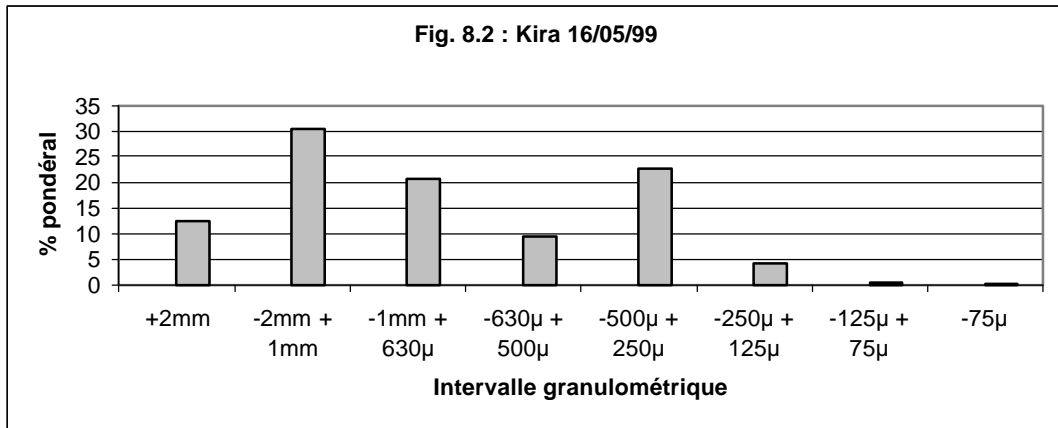


Fig. 8.2 : Kira 16/05/99



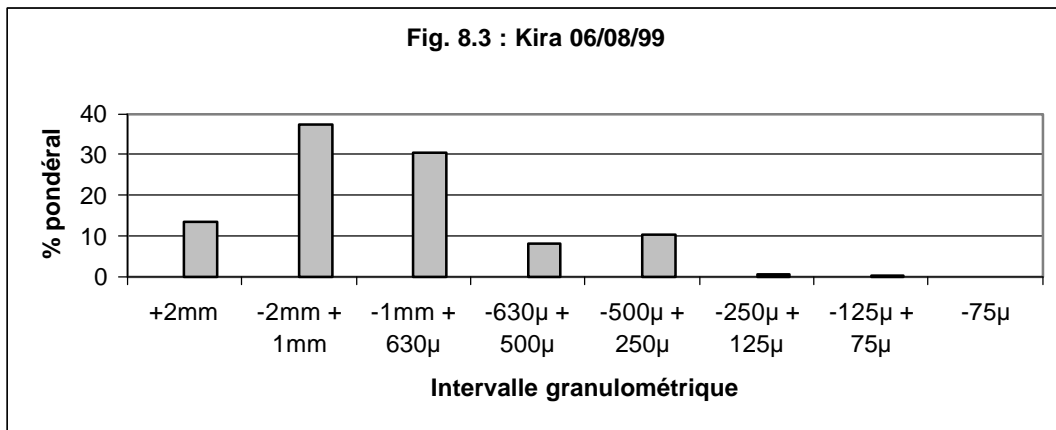
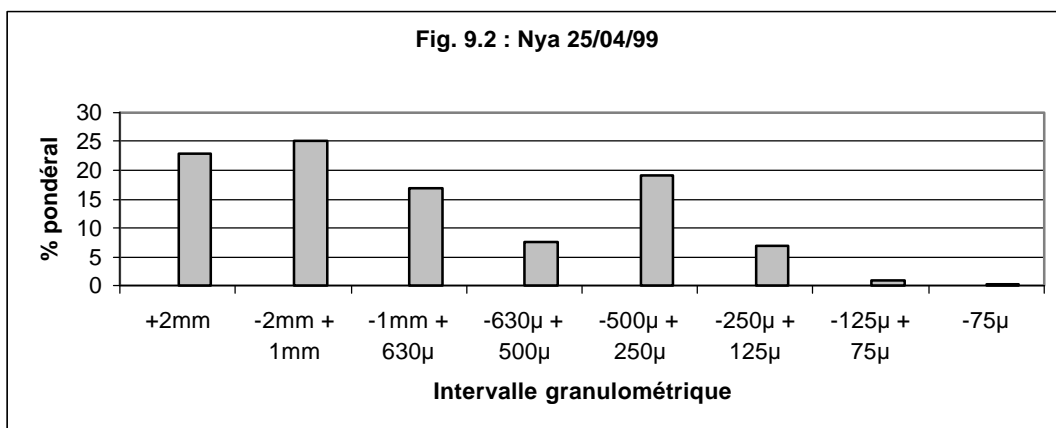
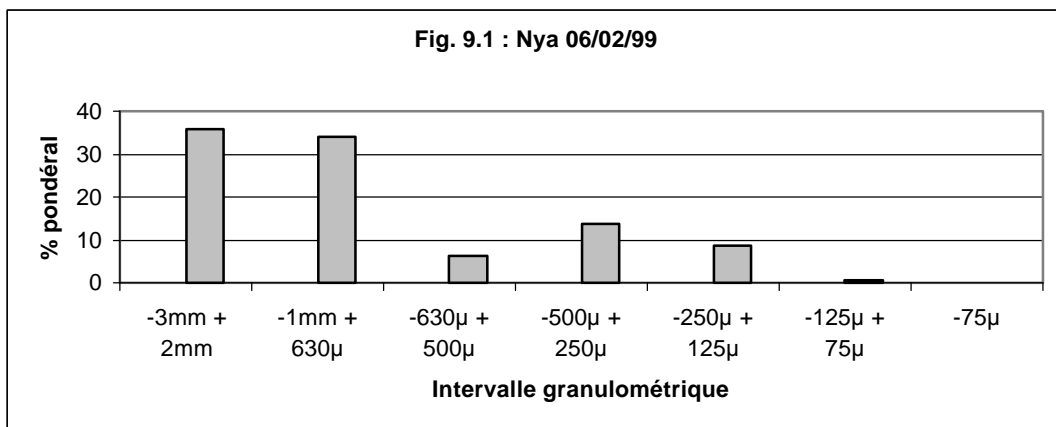
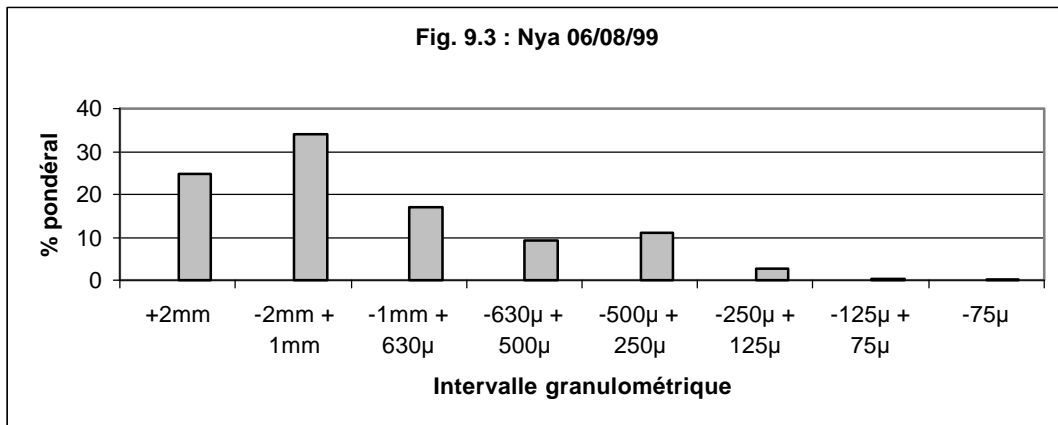


Figure 9: Répartition granulométrique des sédiments de la Nyamusenyi

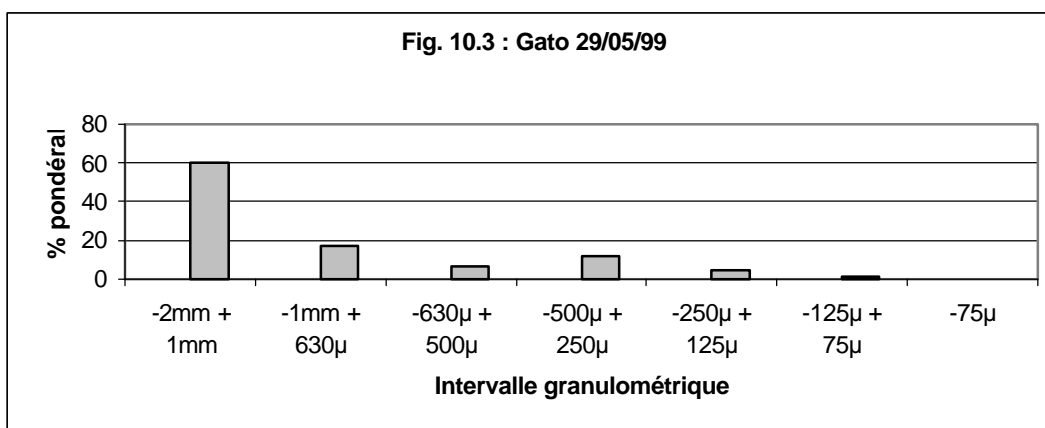
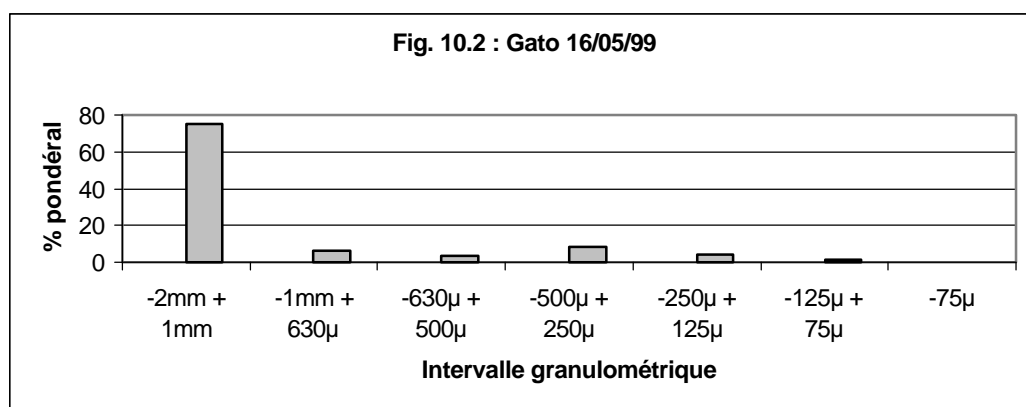
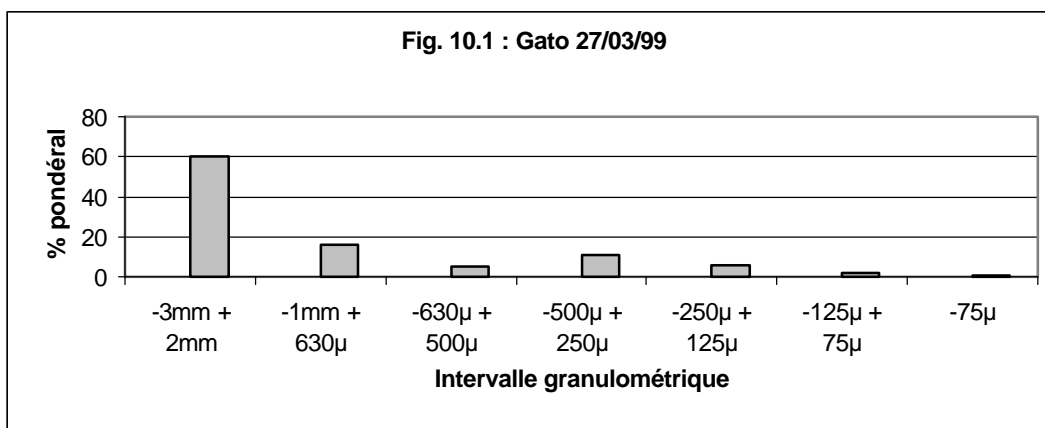




5. Les sédiments de la Gatororongu

La Gatororongu est une petite rivière qui coule sur une pente très raide et charrie des sédiments très grossiers. En effet, plus de 70 à 90 % en poids des échantillons sont constitués par la fraction $-2\text{mm} + 1\text{mm}$ (Figure 10).

Figure 10: Répartition granulométrique des sédiments de la Gatororongu



3.2.3 Caractérisation Minéralogique des Sédiments

a. Méthodologie

L'analyse minéralogique a été réalisée au binoculaire sur des concentrés de sédiments obtenus par séparation gravimétrique au bromoforme et par séparation électromagnétique au séparateur Frantz. Le bromoforme permet de séparer les fractions lourdes (densité >2.89) des fractions légères. Pour la séparation électromagnétique, les intensités de coupure ont été choisies après plusieurs essais en vue d'optimiser la séparation des différentes espèces minérales. Les intensités de coupure retenues sont : 0.1A, 0.2A, 0.4A, 0.6A, 0.8A et 1.5A. Cependant, certains échantillons ne sont pas passés par toutes ces étapes lorsque la quantité et la diversité des espèces minérales ne l'exigeaient pas.

Les proportions relatives des différentes phases minéralogiques ont été exprimées en pourcentages pondéraux. La méthode de calcul des pourcentages pondéraux est celle de Meurig P. Jones du Mineral Resources Engineering Department of Imperial College, London in Applied Mineralogy (page 177).

En plus de l'analyse au binoculaire, six échantillons représentatifs ont été envoyés au Natural Resources Institute (NRI) pour analyse au diffractomètre à rayons X pour confirmer les observations faites au binoculaire. Les échantillons envoyés au NRI étaient les suivants :

N° DGGM	N° NRI
1.Rus 24/03/99	RNS
2.Nta 24/03/99	NTA
3.Karo 27/03/99	Karo
4.Kira 27/03/99	Kira
5.Nya 27/03/99	Nya
6.Gato 27/03/99	Gato

Tous les échantillons ont été analysés sur un diffractomètre Siemens D500 avec des radiations Cu K@ 40kv et 40mA. Le pas des enregistrements était de 0.02° (angle 2θ) et ce pendant 4 secondes. L'enregistrement et le traitement ont été réalisés à l'aide des logiciels Diffrac- Plus et Bruker Axs Eva v 4.00 respectivement.

b. Résultats

Les résultats d'analyse minéralogique au binoculaire sont présentés sous forme de tableaux (*Tableaux 11 à 16*) et d'histogrammes (*Figures 11 à 16*). Les tableaux comportent :

- en première ligne les valeurs des intensités (en Ampères) sur lesquelles a été faite la séparation magnétique sur le séparateur isodynamique Frantz ;
- en deuxième ligne sont marquées les fractions obtenues après la séparation gravimétrique au bromoforme. Lb représente la fraction lourde et lb la fraction légère ;
- en troisième ligne sont marquées les masses en (grammes) de chaque fraction gravimétrique ;
- dans la grille et en face des espèces minérales marquées en première ligne, sont reportées :

a :- les pourcentages volumétriques dans les colonnes à fond blanc,

b :- les pourcentages pondéraux dans les colonnes à fond gris.

- le symbole t représente les minéraux en trace
- dans la dernière colonne se trouvent les teneurs totales de l'espèce minérale.

Les résultats montrent que pour l'ensemble des affluents étudiés, le cortège des minéraux est le même : le quartz, les micas restent prédominants, les oxydes et la limonite sont présents dans toutes les rivières. Les minéraux de métamorphisme (épidotes, staurotides, disthène, grenats) se retrouvent dans tous les échantillons. Seules les proportions relatives des diverses espèces minérales varient d'un affluent à l'autre.

Le résultat de la Diffraction aux Rayons X est présenté sur un diffractogramme unique (Figure 17) qui montre les raies diffractées par les 6 échantillons pour les valeurs de l'angle 2θ comprises entre 7.5° et 35° .

Dans tous les échantillons les phases minéralogiques suivantes ont été identifiées : quartz, orthose, albite, muscovite et phlogopite. Dans l'ensemble, on constate que l'analyse au diffractomètre à Rayons X a confirmé la prédominance du quartz et des micas dans tous les échantillons. Concernant les micas, elle a permis d'identifier la phlogopite qui ne peut être distinguée de la biotite au binoculaire. Il importe de souligner que les feldspaths non kaolinisés (orthose et albite) qui n'ont pas été identifiés au binoculaire ont clairement été identifiés par diffraction aux rayons X. On notera également que les minéraux en trace (oxydes et minéraux de métamorphisme) n'ont pas pu être décelés par la diffraction X, dans les échantillons tout-venant en raison précisément de leur trop faible concentration. L'identification de ce genre de minéraux se fait sur des concentrés de minéraux obtenus après séparation magnétique et/ou gravimétrique. Le nombre limité d'échantillons que nous pouvions faire analyser pour des raisons budgétaires n'a pas permis d'inclure des concentrés.

FICHE D'ANALYSE MINÉRALOGIQUE

Kira 06/02/99	Poids net	37,48
---------------	-----------	-------

	0,1			0,2			0,4			0,6			0,8			1,5			% tot
	Lb	lb	%	Lb	lb	%	Lb	lb	%	Lb	lb	%	Lb	lb	%	Lb	lb	%	
Rapport	0,36	0,3		2,2	1,04		1,08	2,02		0,9	2,43		0,63	1,27			25,25		
Minéraux																			
Quartz		15	0,12		35	0,97		40	2,16		50	3,24	35	70	2,96		100	67,37	76,82
Muscovites			0,00			0,00	55	60	4,82	100	50	5,64	5	30	1,10			0,00	11,56
Biotites		15	0,12	50	35	3,91			0,00			0,00			0,00			0,00	4,03
Amphiboles			0,00	30		1,76	8		0,23			0,00			0,00			0,00	1,99
Tourmalines			0,00			0,00	35		1,01			0,00			0,00			0,00	1,01
Epidotes			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00	0,00
Staurotides			0,00	5		0,29	2		0,06			0,00			0,00			0,00	0,35
disthènes			0,00			0,00			0,00			0,00	40		0,67			0,00	0,67
Grenats	10		0,10			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00	0,10
Limonites	30	70	0,85	15	30	1,71			0,00			0,00			0,00			0,00	2,56
Hématites	60		0,58			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00	0,58
Rutilles			0,00			0,00			0,00			0,00	5		0,08			0,00	0,08
Bastnaesite			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00	0,00
Feldspath kaol.			0,00			0,00			0,00			0,00	15		0,25			0,00	0,25
																			100,00

Figure 11a : Fiche d'analyse minéralogique pour la rivière Kirasa (06/02/99)

KIRA/06/02/99

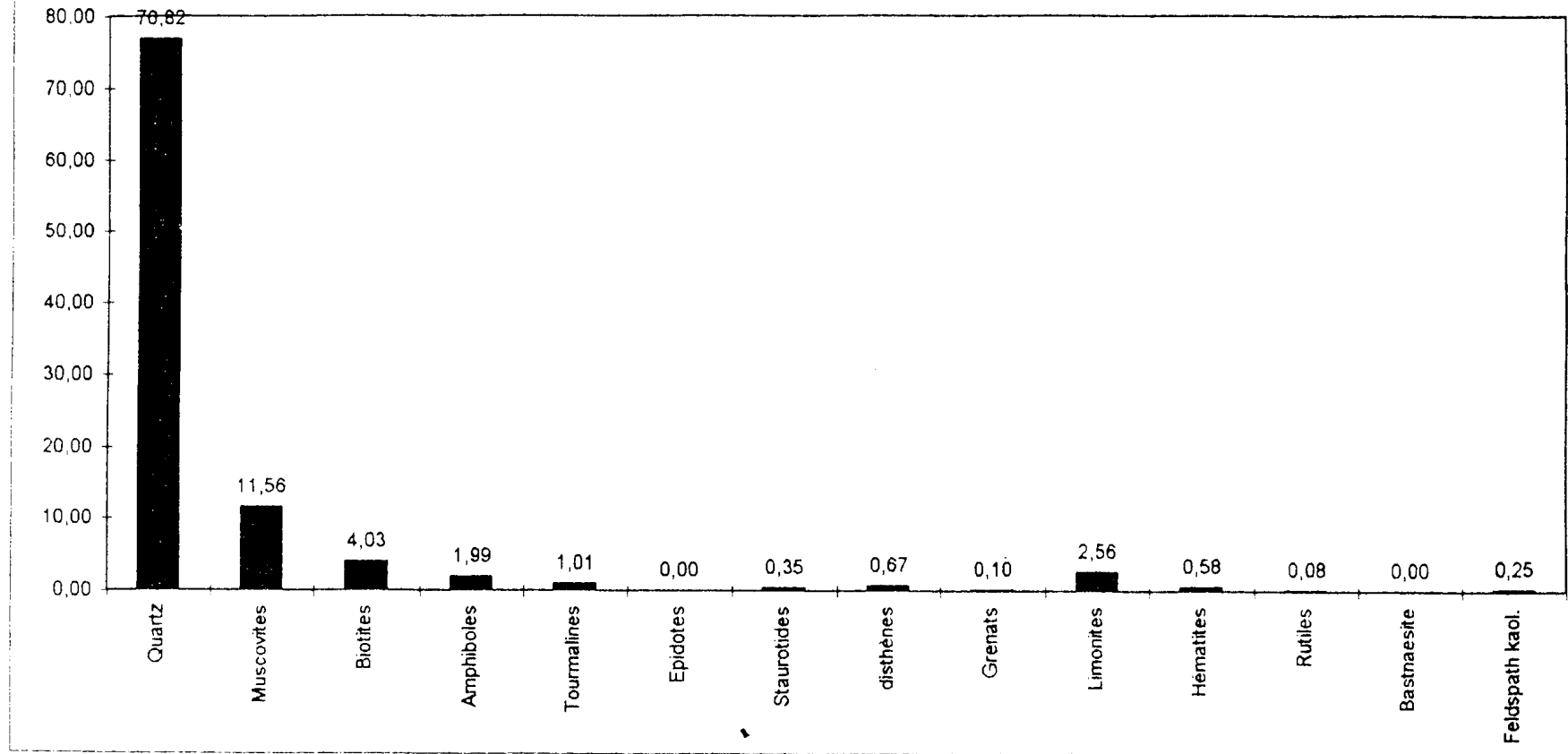


Figure 11b : Graphe de l'analyse minéralogique pour la rivière Kirasa (06/02/99)

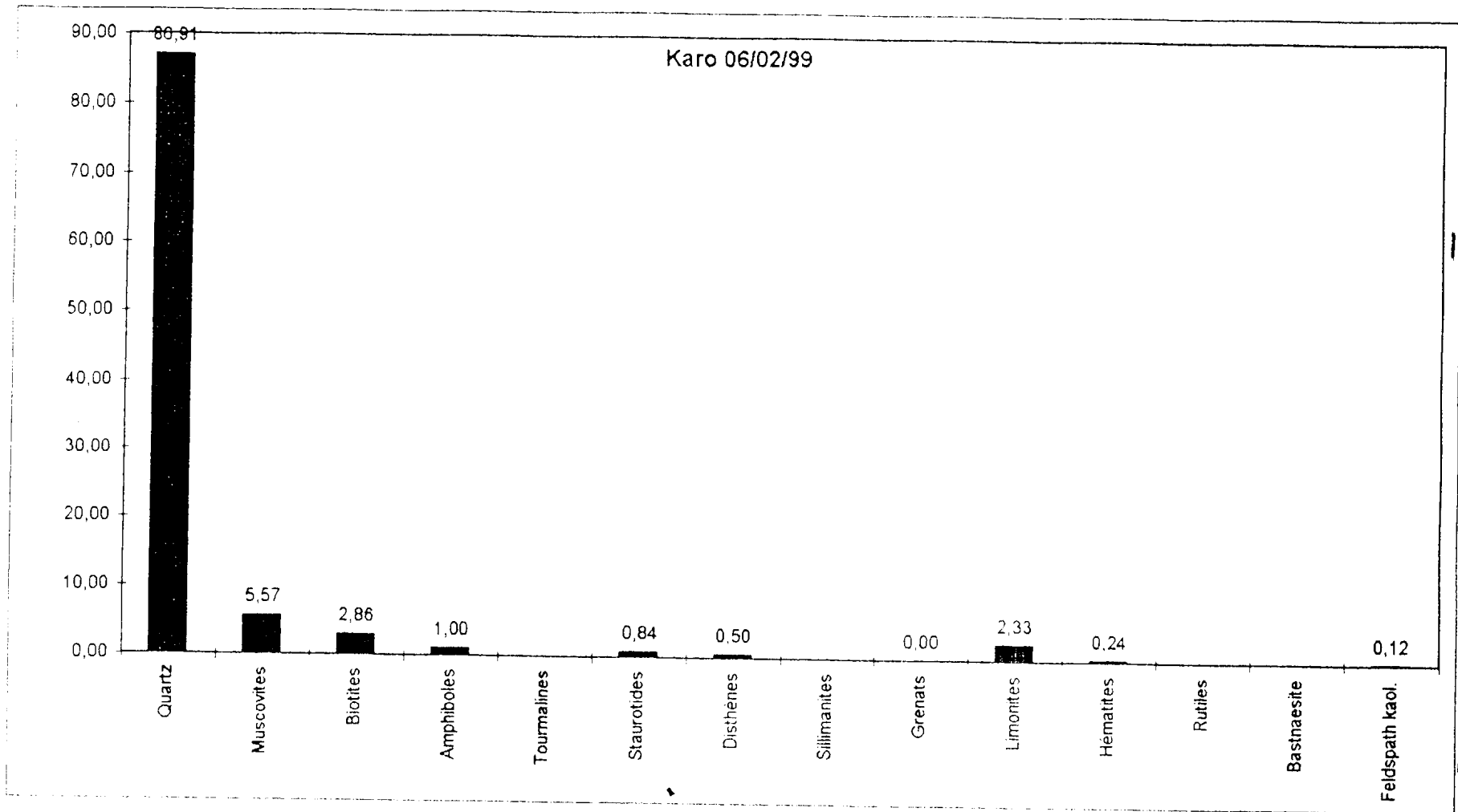


Figure 12b : Graphe de l'analyse minéralogique pour la rivière Karonge (06/02/99)

FICHE D'ANALYSE MINÉRALOGIQUE

NYA 10/12/98	Poids net	181,2
--------------	-----------	-------

Rapport	0,1			0,2			0,4			0,6			0,8			1,5			% tot
	Lb	lb	%	Lb	lb	%	Lb	lb	%	Lb	lb	%	Lb	lb	%	Lb	lb	%	
Minéraux																			
Quartz		65	9,54		10	0,95		50	4,94		70	6,97		75	9,75		100	25,85	58,00
Muscovites			0,00			0,00	10	50	4,99	60	30	8,37		25	3,25			0,00	16,61
Biotites		30	4,40	30	75	8,18	20		0,08			0,00			0,00			0,00	12,67
Amphiboles	10		0,42	30	10	2,01	50		0,21			0,00			0,00			0,00	2,64
Tourmalines			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00	0,00
Sillimanites			0,00			0,00			0,00	10		0,90			0,00			0,00	0,90
Staurotides			0,00			0,00	5		0,02			0,00			0,00			0,00	0,02
disthènes			0,00			0,00	10		0,04	20		1,80			0,00			0,00	1,84
Grenats	45		1,89	40		1,41	5		0,02			0,00			0,00			0,00	3,33
Limonites	15	5	1,36		5	0,47			0,00			0,00			0,00			0,00	1,84
Hématites	30		1,26			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00	1,26
Rutilés			0,00			0,00			0,00	10		0,90			0,00			0,00	0,90
Bastnaesite			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00	0,00
Feldspath kaol.			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00	0,00
																			100,00

Figure 13a : Fiche d'analyse minéralogique pour la rivière Nyamusenyi(10/12/98)

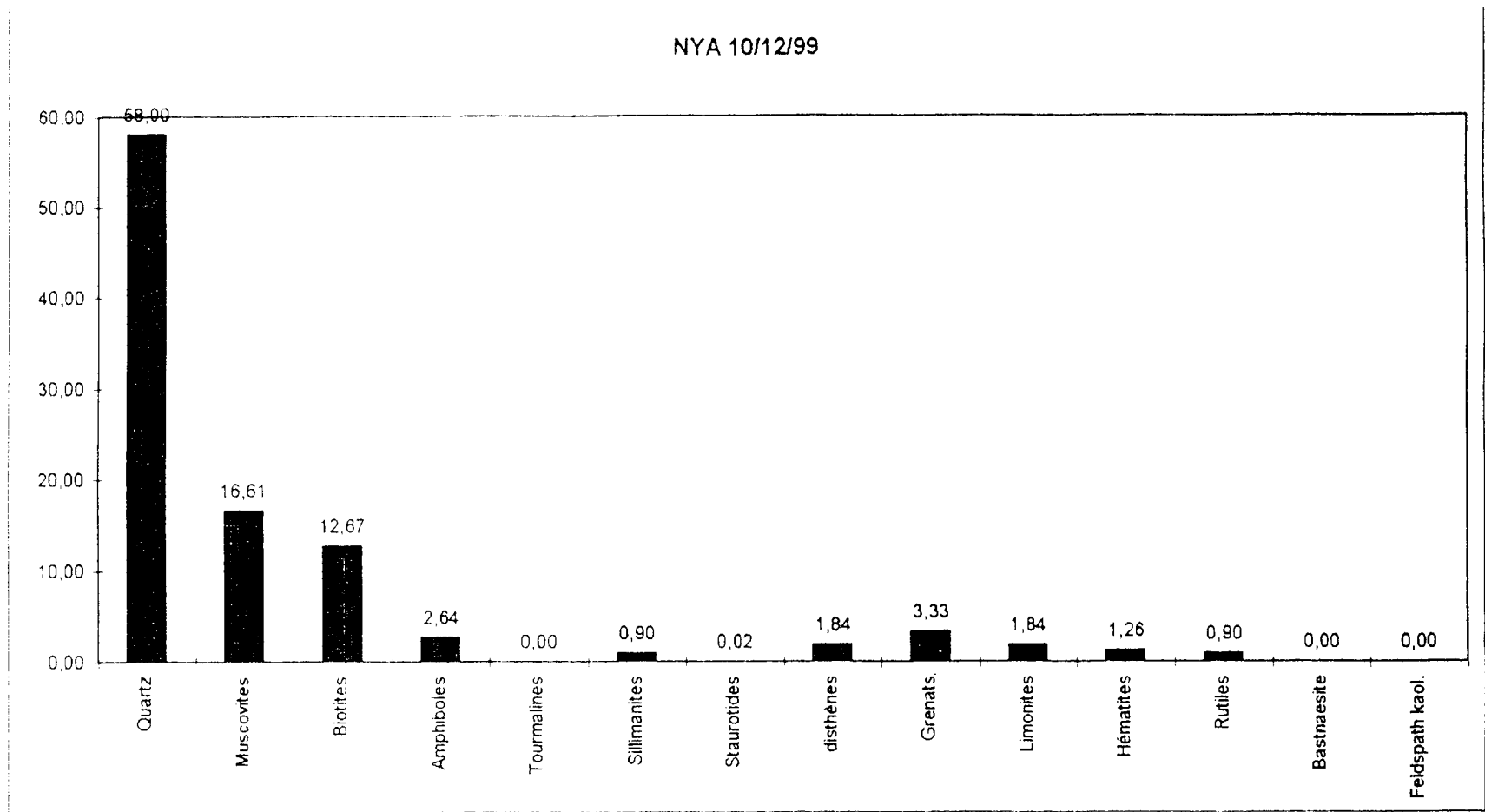


Figure 13b : Graphe de l'analyse minéralogique pour la rivière Nyamusenyi(10/12/98)

FICHE D'ANALYSE MINÉRALOGIQUE

GATO 27/03/99 Poids net 82,25

Rapport	0,1		0,2			0,4			0,6			0,8			1,5			% tot		
	Lb	lb	%	Lb	lb	%	Lb	lb	%	Lb	lb	%	Lb	lb	%	Lb	lb		%	
	6,78	5,26		5,13	6,06		0,64	8,49		0,37	8,83			12,31			28,38			
Minéraux																				
Quartz	25	80	7,18	20	95	8,25	10	90	9,37	15	85	9,19		80	11,97		65	22,43	68,39	
Muscovites	20		1,65	25		1,56	50	5	0,91	80	5	0,90						0,00	5,01	
Biotites	25	10	2,70	40	5	2,86	25		0,19						0,00			0,00	5,76	
Amphiboles	20		1,65	10		0,62			0,00						0,00			0,00	2,27	
Tourmalines			0,00			0,00									0,00			0,00	0,00	
Epidotes							10		0,08						0,00			0,00	0,08	
Staurotides			0,00			0,00			0,00						0,00			0,00	0,00	
disthènes			0,00			0,00			0,00	5		0,02			0,00			0,00	0,02	
Grenats									0,00			0,00			0,00			0,00	0,00	
Limonites	10		0,82	15		0,94	5	5	0,56			0,00			0,00			0,00	2,31	
Hématites			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00	0,00	
Rutilles			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00	0,00	
Bastnaesite			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00	0,00	
Feldspath kaol.		10	0,64						0,00		10	1,07		20	2,99		35	12,08	16,78	
																			100,62	

Figure 14a : Fiche d'analyse minéralogique pour la rivière Gatororongo (27/03/99)

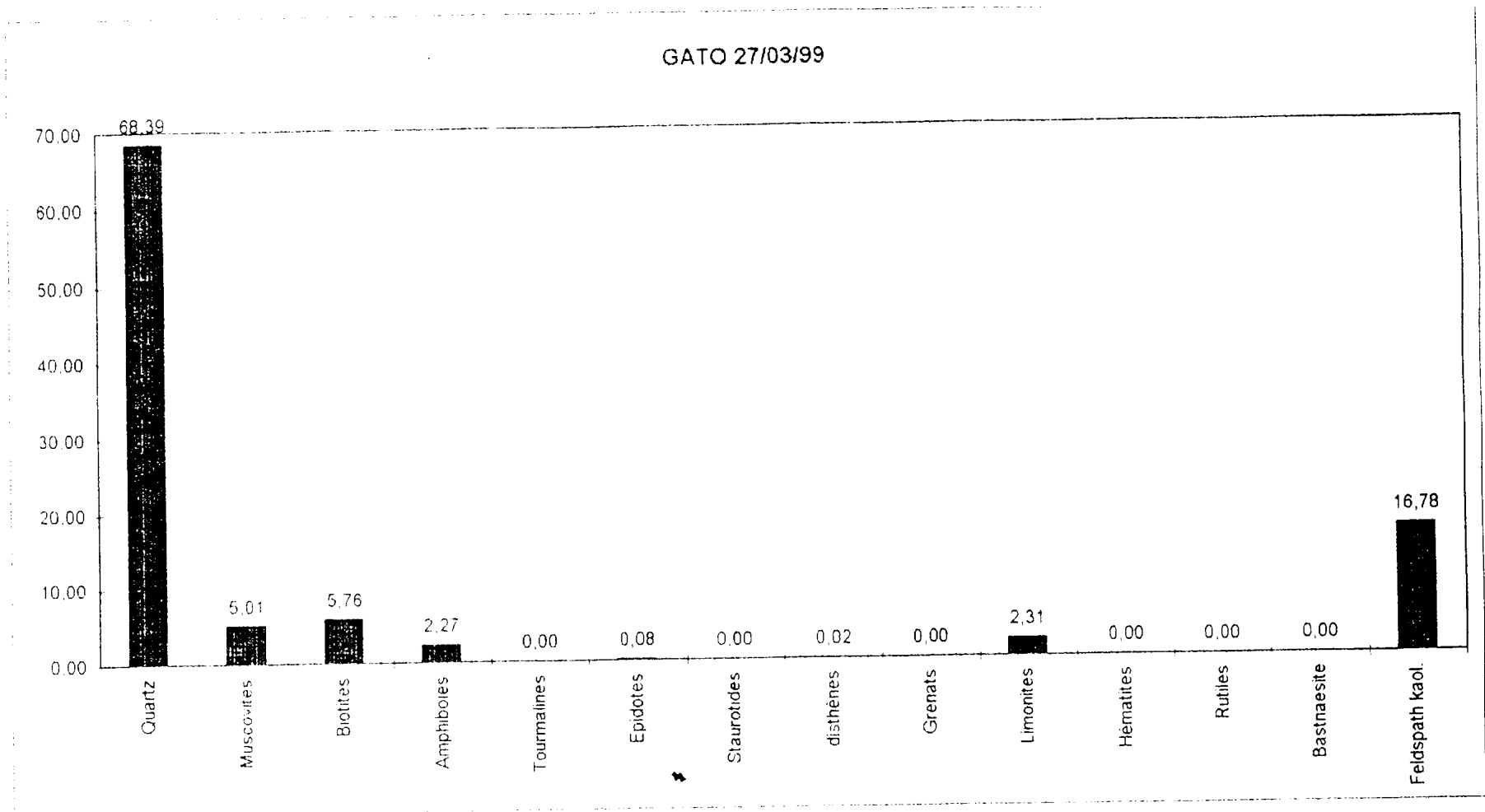


Figure 14b : Graphe de l'analyse minéralogique pour la rivière Gatororongo (27/03/99)

FICHE D'ANALYSE MINÉRALOGIQUE

NTA 28/11/98	Poids net	146,60
--------------	-----------	--------

Rapport	0,1			0,2			0,4			0,6			0,8			1,5			% tot
	Lb	lb	%	Lb	lb	%	Lb	lb	%	Lb	lb	%	Lb	lb	%	Lb	lb	%	
Minéraux																			
Quartz		65	0,14		10	0,20		50	1,13		70	0,61		75	0,14		100	88,77	90,99
Muscovites			0,00			0,00	10	50	1,30	60	30	0,83	20	25	0,14			0,00	2,26
Biotites		30	0,07	30	75	2,18	20		0,34			0,00			0,00			0,00	2,59
Amphiboles	10		0,03	30	5	0,79	50		0,85			0,00			0,00			0,00	1,68
Tourmalines			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00	0,00
Sillimanites			0,00			0,00			0,00	10		0,09			0,00			0,00	0,09
Staurolides			0,00			0,00	5		0,09			0,00			0,00			0,00	0,09
disthènes			0,00			0,00	10		0,17	20		0,19	80		0,37			0,00	0,73
Grenats	45		0,13	40		0,93	5		0,09			0,00			0,00			0,00	1,14
Limonites	15	5	0,05		5	0,10			0,00			0,00			0,00			0,00	0,15
Hématites	30		0,09			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00	0,09
Rutilles			0,00			0,00			0,00	10		0,09			0,00			0,00	0,09
Bastnaesite			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00	0,00
Feldspath kaol			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00	0,00
																			99,91

Figure 15a : Fiche d'analyse minéralogique pour la rivière Ntchangwa (28/11/98)

NTA 28/11/98

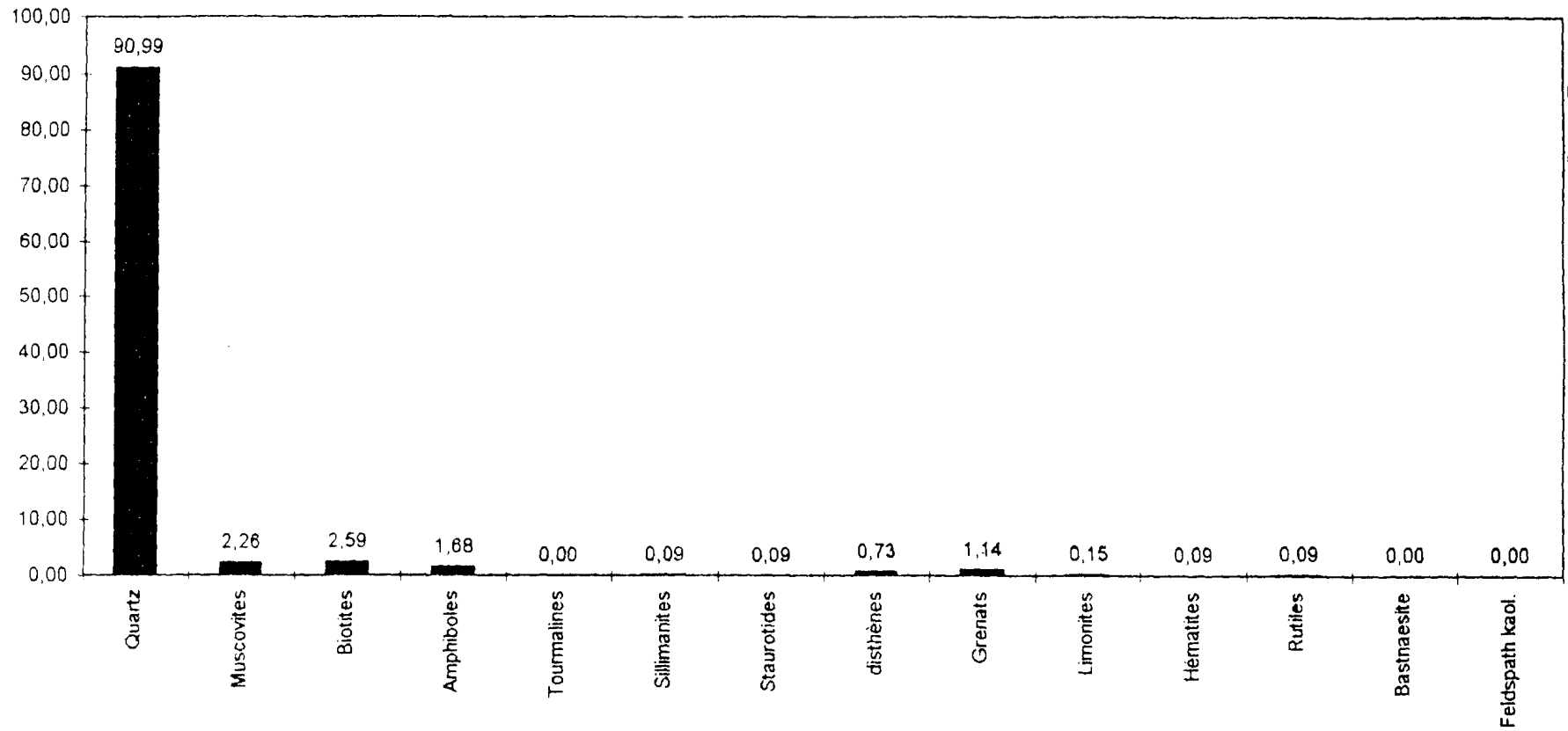


Figure 15b : Graphe de l'analyse minéralogique pour la rivière Ntahangwa (28/11/98)

FICHE D'ANALYSE MINÉRALOGIQUE

Ech.RUS 17/11/99 Poids net 62,91

	0,1			0,2			0,4			0,6			0,8			1,5			% tot
	Lb	lb	%	Lb	lb	%	Lb	lb	%	Lb	lb	%	Lb	lb	%	Lb	lb	%	
Rapport	5,72	2,77		3,55	3,57		2,48	11,32		0,37	9,47			23,66					
Minéraux																			
Quartz		45	1,98		60	3,40		60	10,80	10	90	13,61		100	37,61				67,40
Muscovites	4	10	0,80	15	10	1,41	30		1,18	90	8	1,73			0,00				5,13
Biotites	25	5	2,49	35	10	2,54	5	10	2,00			0,00			0,00				7,03
Amphiboles	20		1,82	25		1,41	50		1,97			0,00			0,00				5,20
Tourmalines	10		0,91			0,00	5		0,20			0,00			0,00				1,11
Disthènes			0,00			0,00	10		0,39						0,00				0,39
Leucoxènes		20	0,88			0,00		30	5,40						0,00				6,28
Sillimanites			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00				0,00
Grenats	1		0,09			0,00			0,00			0,00			0,00				0,09
Limonites		20	0,88	25	20	2,55			0,00			0,00			0,00				3,43
Hématites	40		3,64			0,00			0,00			0,00			0,00				3,64
Rutilés			0,00			0,00			0,00		2	0,30			0,00				0,30
Bastnaesite			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00				0,00
Feldspath kaol.			0,00			0,00			0,00			0,00			0,00				0,00
																			100,00

Figure 16a : Fiche d'analyse minéralogique pour la rivière Rusizi (17/11/99)

Figure 16b : Graphe de l'analyse minéralogique pour la rivière Rusizi (17/11/99)

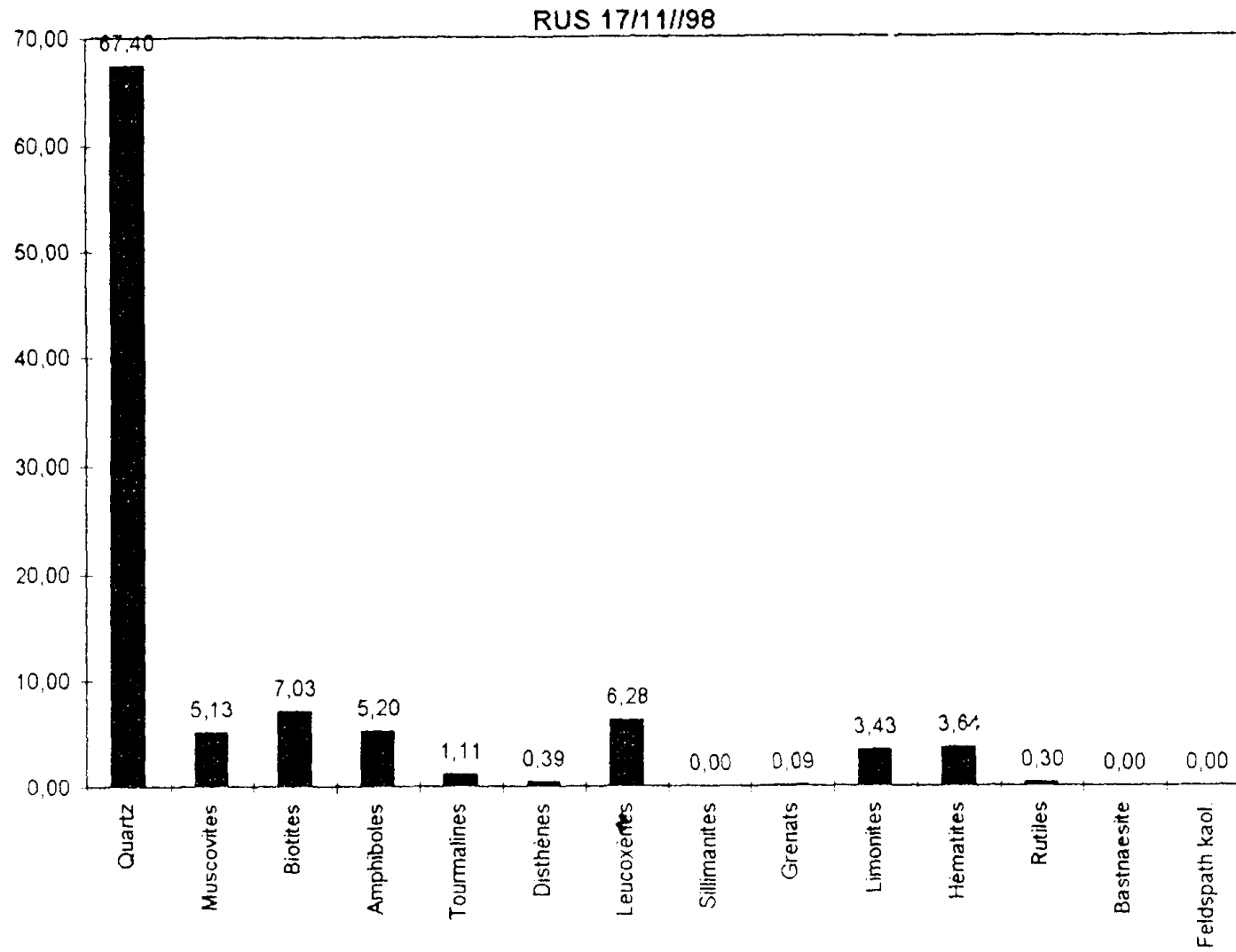
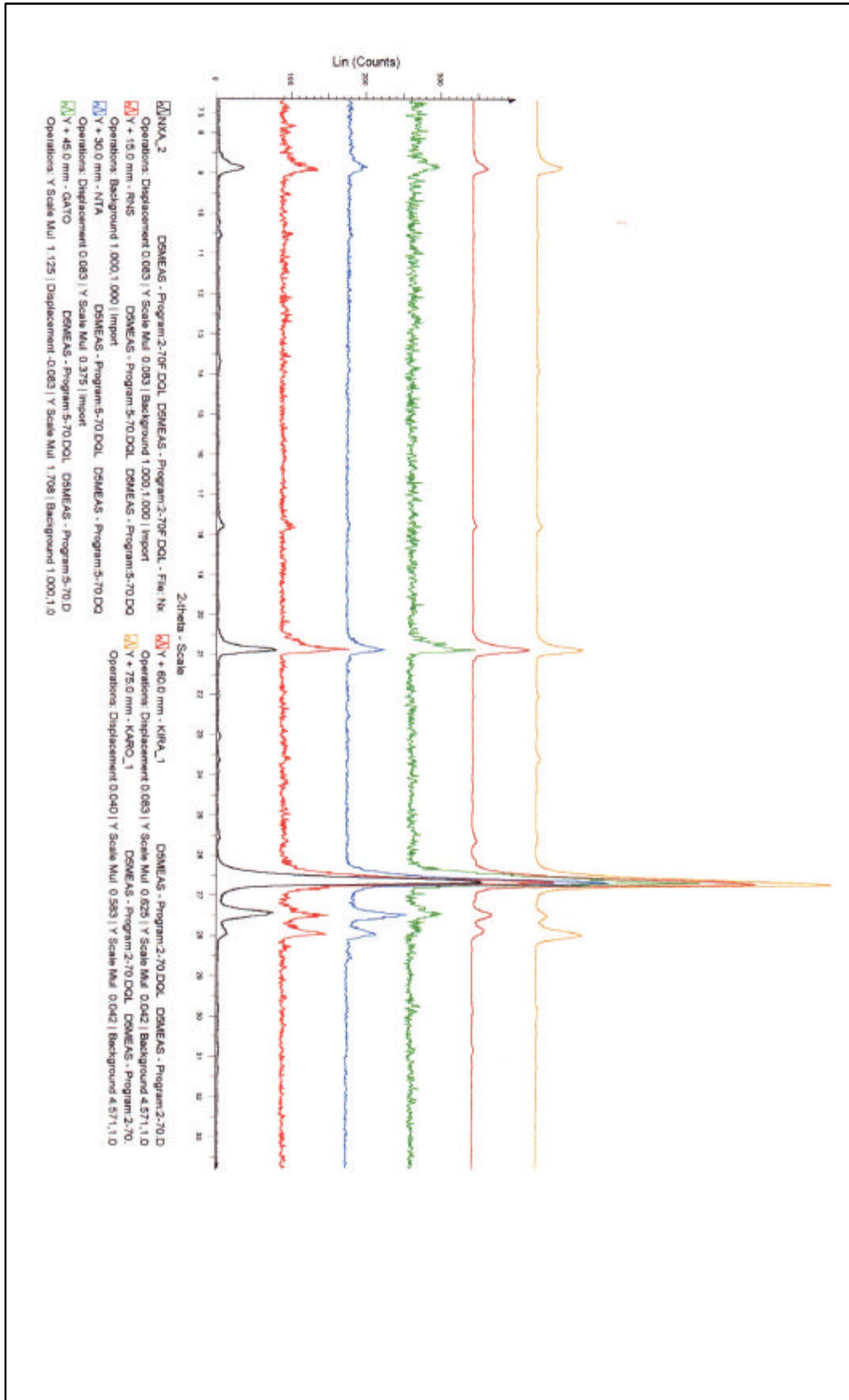


Figure 17: Diffractogramme des 6 échantillons



3.2.4 Caractérisation physico-chimiques de l'eau des affluents du lac.

Au cours de cette étude spéciale des sédiments, nous avons procédé systématiquement à la mesure du pH, de la température et de la conductivité de l'eau des divers affluents que nous avons étudiés et ce au moment du prélèvement des échantillons d'eau. Au laboratoire, le volume des matières en suspension a été déterminé sur les mêmes échantillons et vers la fin du programme, une série d'échantillons représentatifs ont été analysés pour les principaux cations (Ca, Mg, Na, K) par spectrométrie d'absorption atomique au Laboratoire de Contrôle et d'Analyse Chimique (LACA) dépendant du Ministère de l'Énergie et des Mines.

Les résultats de ces mesures et analyses sont présentés et commentés dans les paragraphes ci-après.

a. pH, température et conductivité

Les valeurs moyennes de ces paramètres ont été calculées sur des périodes de 3 mois et sont présentées dans le tableau (*Tableau 11*) ci-dessous. Les périodes concernées sont : octobre à décembre 1998, janvier à mars 1999, avril à juin 1999, juillet et août 1999.

Tableau 11 : Moyennes du pH, de la température et de la conductivité

Affluent	PH				Température			Conductivité			
	Période	10-12/98	1-3/99	4-6/99	7-8/99	1-3/99	4-6/99	7-8/99	1-3/99	4-6/99	7-8/99
Rusizi		9.12	8.95	9.05	9.10	27.05	25.6	23.3	170.2	752	887
Ntahangwa		7.64	7.84	8.25	9.01	27.0	26.1	23.5	190.1	199	261
Karonge		7.95	7.68	7.84	7.86	23.13	23.7	21.5	56.6	51.2	99.7
Kirasa		7.54	7.38	7.41	7.30	21.23	20.92	20.1	59.3	29.25	34.6
Nyamusenyi		8.11	7.76	7.64	7.54	22.45	21.9	21.7	63	48.4	58.5
Gatororongo		8.64	8.20	8.25	N.D	23.8	24.23	N.D	172.3	445	N.D

Concernant le pH, le tableau ci-dessus montre que :

- le pH des différentes rivières reste relativement constant au cours de la période de l'étude,
- la Ruzizi a un pH nettement basique qui s'explique par les formations volcaniques basiques qui affluent dans son bassin versant en l'occurrence dans la région de Rugombo,
- les autres rivières ont un pH plutôt neutre à légèrement basique.

La température dans les différentes rivières diminue progressivement au cours de la période étudiée. Il est intéressant de noter que pendant la saison sèche, la température de l'eau est plus élevée que pendant la saison pluvieuse.

Concernant la conductivité, il faut d'abord souligner qu'au début de l'étude, un des deux conductimètres dont nous disposions a connu un problème de fiabilité. Certaines valeurs de conductivité mesurées de janvier à mars 1999 ne reflètent sans doute pas la réalité. Il s'agit en particulier du cas de la Rusizi, de la Kirasa et de la Gatororongo.

Le *Tableau 11* montre que :

- la conductivité dans les eaux de la Rusizi est nettement plus élevée que dans les eaux de la Ntahangwa qui, à son tour présente des valeurs de conductivité plus élevées que dans les rivières du sud. La Gatororongo présente des valeurs de conductivité remarquablement élevées.

- les valeurs de conductivité sont liées aux teneurs en divers éléments chimiques dans les différentes rivières. En effet on constate que la Rusizi, la Ntahangwa et la Gatororongo ont des teneurs en cations plus élevées que la Karonge, la Kirasa et la Nyamusenyi comme le montre le tableau ci-dessous (*Tableau 12*).

b. Teneurs en principaux cations dans les affluents

Tableau 12 : Teneurs des principaux cations dans les affluents

Affluent	Ca²⁺(mg/l)	Mg²⁺(mg/l)	Na⁺(mg/l)	K⁺(mg/l)
1.Rusizi	0.4	4.3	n.d	59
2.Ntahangwa	0.5	6.83	150	13
3.Karonge	<s.d	0.7	4.8	2.4
4.Kirasa	<s.d	0.4	2.1	1.8
5.Nyamusenyi	<s.d	0.7	3.7	1.3
6.Gatororongo	0.1	4.75	n.d	4.75

n.d : non disponible

s.d : inférieur au seuil de détection

Le *Tableau 12* montre que :

1. La teneur en calcium est très négligeable (<100ppm) dans les rivières du sud mais elle est remarquablement plus élevée dans la Rusizi et la Ntahangwa. La teneur élevée dans la Rusizi s'explique par la présence de formations calcaires et de laves basiques dans son bassin versant, en particulier dans la région de Cibitoke et Rugombo. La teneur encore plus élevée dans les eaux de la Ntahangwa ne peut s'expliquer que par une pollution probablement industrielle à partir de la ville de Bujumbura.
2. La teneur en magnésium et potassium dans les eaux de la Rusizi ont vraisemblablement pour origine les dépôts salifères de nature évaporitique bien connus dans la plaine de la Rusizi. La teneur en K dans les eaux de la Ntahangwa est également élevée par rapport à ce qu'elle est dans les rivières du sud qui drainent pourtant des bassins versants aux caractéristiques géologiques similaires. Encore une fois cette teneur élevée a probablement pour origine une pollution industrielle en provenance de la ville de Bujumbura.

c. Volume de matières en suspension.

Le volume de matières en suspension est beaucoup plus élevé dans la Rusizi que dans les autres rivières en raison du relief plat et de l'étendue du bassin versant qu'elle draine. De ce fait les sédiments qu'elle charrie sont beaucoup plus fins que ceux charriés par les rivières du sud qui se caractérisent souvent par un courant torrentiel, des sédiments grossiers et une charge en matières solides en suspension plus faible comme le montre le tableau suivant (*Tableau 13*).

Tableau 13 : Masse des matières solides en suspension (mg/l)

Affluent	masse des matières solides en suspension (mg/l)			
	oct.-déc.98	jan. - mars 99	avr.- juin 99	juil. - août 99
1. Rusizi	0.292	0.363	0.549	0.250
2. Ntahangwa	0.163	0.297	0.101	0.110
3. Karonge	0.246	0.142	0.166	0.052
4. Kirasa	0.094	0.185	0.225	0.008
5. Nyamusenyi	0.04	0.074	0.226	0.063
6. Gatororongo	n.d	n.d	0.20	n.d

4. EVALUATION DE L'IMPACT DE L'APPORT EXCESSIF DE SEDIMENTS SUR LA BIODIVERSITE DU LAC TANGANYIKA.

Un site a été sélectionné pour évaluer l'impact de l'apport excessif de sédiments sur la biodiversité du lac. Il s'agit d'une zone littorale située entre les rivières Gatororongo et Mwambuko. Cette zone est caractérisée par des glissements de terrain qui déversent d'importantes quantités de sédiments directement dans le lac illustré par la *Figure 18* suivante. En conséquence, les espèces de poissons qui vivaient sur un substrat rocheux, se nourrissant d'algues qui proliféraient sur ce substrat ont dû migrer parce que l'apport de sédiments a rendu le substrat vaseux et ainsi détruit les niches de poissons qui y vivaient.

L'évaluation de la quantité de sédiments déversés directement dans le lac a été faite de manière empirique et très approximative. Des photos de glissements de terrain ont été prises avec quelques éléments du paysage en guise d'échelle. La planche photo ci-après (*Figure 18*) montre trois glissements de terrain qui se sont produits dans la zone étudiée. Les trois photos ont été juxtaposées pour les besoins de l'illustration mais les trois glissements de terrains ne sont pas contigus. Il est à noter que les éboulements tombent généralement sur la route et les engins d'entretien de la route les dégagent et les déversent directement dans le lac.

Le volume total de sédiments déversés dans le lac dans cette zone a été évalué à 11,280 tonnes. On sait d'après le professeur Ntakimazi (Université du Burundi) que les espèces de poissons qui vivaient le long de cette zone ont sensiblement diminué en quantité. Il reste à voir et à évaluer les indicateurs objectifs de cette diminution.

Figure 18 : Glissements de terrain Gatororongo – Mwambuko le long de la Route National Bujumbura – Nyanza-lac



5. EVALUATION DE L'IMPACT DES ACTIVITES HUMAINES SUR LE REGIME HYDROLOGIQUE DES AFFLUENTS DU LAC TANGANYIKA.

L'équipe de l'Etude Spéciale des Sédiments n'a pas pu travailler en liaison avec le groupe d'Etude Spéciale sur la Socio-Economie comme souhaité par le Projet, d'autant plus que l'Etude sur la Socio-économie n'a démarré ses travaux que très tardivement et par conséquent ses résultats ne sont pas encore disponibles pour la rédaction de ce rapport.

Les activités humaines qui se déroulent dans le bassin hydrologique du lac Tanganyika en général et dans la partie burundaise de ce bassin causent beaucoup de dégâts. Elles provoquent un impact négatif sur le régime hydrologique des rivières qui se déversent dans le lac et par conséquent nuisent à la diversité biologique de ce dernier. Les problèmes immédiats les plus sérieux auxquels l'écosystème du lac Tanganyika doit faire face sont nombreux et variés.

Une évaluation qualitative des plus importants de ces problèmes est faite ci-après :

1. La surpopulation dans le bassin du lac

Avec une population estimée actuellement aux environs de 2.3 millions d'habitants, la partie burundaise du bassin hydrologique du lac Tanganyika (13.000 km²) est la plus peuplée de tout le bassin.

Cette population étant à plus de 90% agricole (sauf la ville de Bujumbura) a besoin des terres pour son agriculture. Ces dernières ne pouvant pas être extensibles, s'amenuisent et sont surexploitées, entraînant ainsi une érosion à grande échelle. La conséquence directe est que le régime hydrologique des rivières du bassin est perturbé, provoquant parfois des crues.

2. Les pratiques agricoles inappropriées

Cette population, pour sa subsistance utilise des méthodes culturales qui ne sont pas compatibles avec la bonne utilisation des terres. Et quand cette mauvaise utilisation est faite sur un relief avec des pentes que l'on sait très accidentées, elle provoque nécessairement un autre type d'érosion des terres. Celle-ci fait que les rivières du réseau hydrographique du bassin du lac Tanganyika (BLT) coté burundais, débordent, changeant ainsi le régime d'écoulement des affluents du lac.

3. La déforestation

La conséquence immédiate de la surpopulation dans le bassin, l'amenuisement des terres, les pratiques agricoles inappropriées est la déforestation. Ce déboisement entraîne une érosion rapide qui résulte en une décharge de grande quantité de sédiments dans les environnements littoraux et sous-littoraux. Cette décharge est consécutive aux crues des rivières, affluents du lac. Le problème est à son niveau le plus élevé dans la partie Nord (Burundi) du lac où la pression exercée sur les terres par la population se fait le plus sentir et où le déboisement approche 100% des terres boisées à l'origine. Les rivières sont alors menacées de crues qui provoquent parfois des inondations dévastatrices ou des éboulements de terrain dans leur partie aval. Presque tous les sédiments se déversent dans le lac Tanganyika.

4. Les feux de brousse

Les feux de brousse sont liés aussi aux activités humaines dans le bassin et sont à l'origine du changement de couverture du sol. Ils sont un indicateur de la perte de terrain boisé en faveur de l'agriculture et ne permettent pas le rétablissement des sols. On sait que les précipitations sur un sol nu provoquent un ruissellement intense et influencent négativement le régime hydrologique des rivières par l'érosion qu'elles provoquent.

5. Autres activités

En dehors de celles déjà citées, d'autres activités humaines dans le BLT ont un impact négatif significatif sur le régime hydrologique des affluents du lac. Ce sont notamment les établissements humains mal conçus ou non contrôlés comme les villes et les villages au bord du lac, avec la pollution de ce dernier qui s'en suit inévitablement. Ce sont aussi la conception et la construction inadéquates des routes avec parfois des talus non stabilisés causant des changements des lits des rivières qu'elles traversent, l'exécution de certains travaux dans les lits des rivières comme l'extraction du sable et gravier qui détruit les berges etc..... Toutes ces activités, si elles sont exécutées sans étude d'impact environnemental (EIE) préalable, provoquent un changement dans l'écoulement normal des cours d'eau du BLT et partant dans leur régime hydrologique.

6. RECOMMANDATIONS POUR LE SUIVI HYDROLOGIQUE ULTERIEUR

Les travaux hydrologiques exécutés dans le cadre de cette Etude Spéciale des Sédiments l'ont été dans des conditions où la pluviosité était inférieure à la normale durant toute la période des mesures (novembre 98 – septembre 99). Pour cette raison, les débits mesurés ainsi que la quantité des matières en suspension observée qui entrent dans le lac peuvent avoir été légèrement inférieurs à ce qu'ils devaient être pour une année hydrologique normale. Certaines rivières comme Gatororongo I étaient même à sec pendant une bonne partie de la période de l'étude.

Par ailleurs, l'installation des stations limnimétriques n'a été faite qu'au mois de mai 1999 ce qui fait que seuls les débits d'étiage ont été captés, les débits de crue n'ayant pas pu l'être.

C'est pourquoi les recommandations suivantes sont formulées :

Concernant l'hydrologie :

1. Intégrer les stations utilisées dans le but de cette Etude Spéciale dans le réseau hydrologique national. Ce qui permettra de continuer les observations limnimétriques, les mesures des débits, des matières en suspension et d'autres caractéristiques physiques de l'eau. Ce qui constituera une base de données pour les travaux ultérieurs sur le transport des sédiments vers le lac Tanganyika.

2. Le service d'Hydrologie de l'IGEBU qui a dans ses attributions la gestion du réseau hydrologique national dispose d'une vingtaine de stations qui se jettent dans le lac et ayant plus ou moins 25 ans d'observations. Certaines d'entre elles comme la Ruzibazi, la Mulembwe et la Nyengwe sont de taille assez importante pour être prises en considération dans l'Etude de la Sédimentation du lac Tanganyika. Il faudra tenir compte de ces données dans la surveillance à long terme du changement du niveau du lac (niveau qui tend à la baisse).

3. Dès que le groupe d'Etude Spéciale sur la Socio-Economie aura terminé ses travaux et présenté ses résultats, il est souhaitable que ces derniers soient pris en considération dans l'évaluation de l'impact des activités humaines sur les apports excessifs des sédiments dans le lac et sur le régime hydrologique des affluents du lac.

Concernant la sédimentologie, nous recommandons :

1. Que le programme de caractérisation granulométrique, minéralogique et physico-chimique des sédiments soit étendu à d'autres affluents dans la partie burundaise du lac Tanganyika.

2. Qu'une étude plus poussée de l'impact de l'apport excessif des sédiments dans le lac, en particulier dans les endroits tels que Gatororongo où cet impact peut-être évalué.

3. D'identifier et d'inventorier des sites similaires à Gatororongo où l'apport excessif des sédiments constitue une menace immédiate à des espèces de poissons qui sont endémiques non seulement au lac mais aussi à ces sites particuliers.

7. CONCLUSION

Dans le cadre de l'Etude Spéciale des Sédiments, l'IGEBU et la DGGM ont réalisé des travaux d'hydrologie et de sédimentologie respectivement. Pour l'IGEBU : il s'agissait essentiellement d'effectuer des jaugeages de débit sur certains affluents du lac Tanganyika, d'évaluer le volume de sédiments qui se déversent dans le lac, de réhabiliter la station limnimétriques de la Rusizi et d'installer d'autres stations sur les rivières faisant l'objet de la présente étude. Pour la DGGM : il s'agissait essentiellement de prélever systématiquement des échantillons de sédiments des mêmes rivières, de déterminer les caractéristiques granulométriques, minéralogiques et physico-chimiques de ces sédiments et de l'eau des affluents concernés par la présente étude. Les données collectées lors de la présente étude permettront, en intégration avec les autres aspects de l'Etude Spéciale des Sédiments et les autres Etudes Spéciales, à l'évaluation de l'impact de la sédimentation sur la diversité biologique du lac Tanganyika et à l'identification de mesures adéquates à prendre pour préserver cette diversité.

Annexes

Annexe 1 : Matériel de jaugeage utilisé

Annexe 1.1 : Caractéristiques des moulinets

No. 14.610 Komplet, 10.1.1983

Meßbügel
Current Meter Type: Q31 "10:001"
Moulinet

Befestigungsart:
 Type of support: aus tige de 20 mm Øs Aluextr.
 Mode de fixation:

Instrument No: 79864

Scheitel- / Durchmesser: 80 mm Steigung: 0.185 m No. 3-20078
 Proprietor / diamètre: mm Prof. / des
 Hülse / diamètre

Gleichung: $v = 1.27 \cdot n - 0.1871 \cdot n + 0.030$
 Equation: $v = 1.27 \cdot n - 0.1850 \cdot n + 0.030 \cdot m_{(a-h)/a}$
 n = ... v = ...

Beispiel:
 Example: $n = 2.54 (U/a, f) \text{ ist } v = ?$
 Example:

Tabelle für $n = 2.54$ $v = 0.258$ $U/a = 12$
 Table for $n = 2.54$ $v = 0.258$ $U/a = 12$
 Tableau pour

Tabelle für $n = 4 (10)$ $v = 0.263$
 Table for $n = 4 (10)$ $v = 0.263$
 Tableau pour

$v_1 + v_2 + v_3 = 0.263 \quad m/a, n/f, \frac{U}{a}$

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
1	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
4	1	2	2	2	3	3	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
5	2	2	3	3	4	4	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
6	2	3	4	4	5	5	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
7	3	3	4	4	5	6	6	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
8	3	4	5	5	6	7	7	8	8	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
9	3	4	5	5	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

n	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60
1	3	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
2	6	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11	11
3	8	12	12	14	14	15	15	15	16	16	16	16	16
4	11	16	16	19	19	20	20	20	21	21	21	21	21
5	14	20	20	24	24	25	25	25	27	27	27	27	27
6	17	24	24	29	29	30	30	30	31	31	31	31	31
7	20	27	27	33	33	34	34	34	35	35	35	35	35
8	22	31	31	38	38	39	39	39	41	41	41	41	41
9	25	35	35	43	43	44	44	44	45	45	45	45	45

Annexe 1.1 : Caractéristiques des moulinets (suite)

№: 13-610

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0.030 14	0.043 13	0.059 12	0.068 13	0.081 13	0.094 12	0.106 13	0.119 13	0.132 12	0.14 1
1	0.197 13	0.170 13	0.183 13	0.196 13	0.209 14	0.223 13	0.236 14	0.250 13	0.263 14	0.27 1
2	0.290 14	0.304 13	0.317 14	0.331 13	0.344 14	0.358 13	0.371 14	0.385 13	0.398 14	0.41 1
3	0.423 14	0.439 13	0.452 14	0.466 13	0.479 14	0.493 13	0.506 14	0.520 13	0.533 14	0.54 1
4	0.560 14	0.574 13	0.587 14	0.601 13	0.614 14	0.628 13	0.641 14	0.655 13	0.668 14	0.68 1
5	0.695 14	0.709 13	0.722 14	0.736 13	0.749 14	0.763 13	0.776 14	0.790 13	0.803 14	0.81 1
6	0.830 14	0.844 13	0.857 14	0.871 13	0.884 14	0.898 13	0.911 14	0.925 13	0.938 14	0.95 1
7	0.965 14	0.979 13	0.992 14	1.006 13	1.019 14	1.033 13	1.046 14	1.060 13	1.073 14	1.08 1
8	1.100 14	1.114 13	1.127 14	1.141 13	1.154 14	1.168 13	1.181 14	1.195 13	1.209 14	1.22 1
9	1.255 14	1.249 13	1.262 14	1.275 13	1.289 14	1.303 13	1.316 14	1.330 13	1.343 14	1.35 1
10	1.370 14	1.384 13	1.397 14	1.411 13	1.424 14	1.438 13	1.451 14	1.465 13	1.478 14	1.49 1
11	1.505 14	1.519 13	1.532 14	1.546 13	1.559 14	1.573 13	1.586 14	1.600 13	1.613 14	1.62 1
12	1.630 14	1.654 13	1.667 14	1.681 13	1.694 14	1.708 13	1.721 14	1.735 13	1.748 14	1.76 1
13	1.775 14	1.789 13	1.802 14	1.816 13	1.829 14	1.843 13	1.856 14	1.870 13	1.883 14	1.89 1
14	1.910 14	1.924 13	1.937 14	1.951 13	1.964 14	1.978 13	1.991 14	2.005 13	2.018 14	2.03 1
15	2.045 14	2.059 13	2.072 14	2.086 13	2.099 14	2.113 13	2.126 14	2.140 13	2.153 14	2.16 1
16	2.180 14	2.194 13	2.207 14	2.221 13	2.234 14	2.248 13	2.261 14	2.275 13	2.288 14	2.30 1
17	2.315 14	2.329 13	2.342 14	2.356 13	2.369 14	2.383 13	2.396 14	2.410 13	2.423 14	2.43 1
18	2.450 14	2.464 13	2.477 14	2.491 13	2.504 14	2.518 13	2.531 14	2.545 13	2.558 14	2.57 1
19	2.585 14	2.599 13	2.612 14	2.626 13	2.639 14	2.653 13	2.666 14	2.680 13	2.693 14	2.70 1
20	2.729 14	2.734 13	2.747 14	2.761 13	2.774 14	2.788 13	2.801 14	2.815 13	2.828 14	2.84 1

Annexe 1.1 : Caractéristiques des moulinets (suite)

No. 14.611 Kontingen. 10.1.1963

Moulinet
Current Meter Type: 052 10.001
Moulinet Befestigungsart: Gehäuse auf Draht, Suspensionsart: 12
 Type of support: Gehäuse auf Draht, Suspensionsart: 12
 Mode of fixation: Auf dem Körper des 25 kg

Instrument No.: T9805

Schaufel Durchmesser: 125 mm No. 1-75897
 Propeller diameter: 125 mm No. 1-75897
 Hélice diamètre: 125 mm

Steigung: 0,25 mm
 Pitch: 0,25 mm
 pas: 0,25 mm

Gleichung: $n = 0,05 \cdot v - 0,2440$ $v = 0,016 \cdot n + 0,008$
 Equation: $n = 0,05 \cdot v - 0,2440$ $v = 0,016 \cdot n + 0,008$

Beispiel:
 Example:
 Exemple: $n = 2,54$ ($v = 10$) $v = ?$

Tabella für $n = 2,5$ $v = 0,004$ $l = 26$
 Table for $n = 2,5$ $v = 0,004$ $l = 26$
 Tableau pour $n = 2,5$ $v = 0,004$ $l = 26$

Tabella für $n = 1,10$ $l = 26$ $v = 0,010$
 Table for $n = 1,10$ $l = 26$ $v = 0,010$
 Tableau pour $n = 1,10$ $l = 26$ $v = 0,010$

i	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1	—	—	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5
3	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	5	5	5	5	6	6	6	6	7	7	7	8
4	1	2	2	2	3	3	4	4	4	4	5	5	6	6	6	6	7	7	7	7	8	8	8	9
5	2	2	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	7	7	7	8	8	8	8	9	9	10	10	10
6	2	2	3	4	4	5	5	6	6	6	7	7	8	8	8	9	9	9	9	10	10	10	11	11
7	2	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	9	10	10	10	10	11	11	11	12	12
8	2	3	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	13
9	3	4	5	5	6	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	11	12	12	12	12	13	13	13	14

i	30	35	40	45	49	53	57	61	65	69	73	77	81	85	89									
1	3	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10	11									
2	4	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12									
3	5	6	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12	13									
4	6	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12	13	13	14									
5	7	8	9	9	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	15									
6	8	9	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	15	15	16									
7	9	10	11	11	12	12	13	13	14	14	15	15	16	16	17									
8	10	11	12	12	13	13	14	14	15	15	16	16	17	17	18									
9	11	12	13	13	14	14	15	15	16	16	17	17	18	18	19									

Annexe 1.1 : Caractéristiques des moulinets (suite)

No: 14.011

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0.010 24	0.040 25	0.085 24	0.089 25	0.114 24	0.138 25	0.163 26	0.189 26	0.215 26	0.241 26
1	0.267 25	0.292 26	0.319 26	0.344 26	0.370 26	0.396 26	0.422 26	0.447 25	0.473 26	0.499 26
2	0.525 26	0.551 26	0.577 26	0.603 25	0.628 26	0.654 26	0.680 26	0.706 26	0.732 26	0.758 26
3	0.774 25	0.809 26	0.835 26	0.861 26	0.887 26	0.913 26	0.939 25	0.964 26	0.990 26	1.016 26
4	1.042 26	1.068 25	1.094 26	1.120 25	1.145 26	1.171 26	1.197 26	1.223 26	1.249 26	1.275 26
5	1.301 25	1.326 26	1.352 26	1.378 26	1.404 26	1.430 26	1.456 26	1.481 25	1.507 26	1.533 26
6	1.551 26	1.585 26	1.611 26	1.637 25	1.662 26	1.688 26	1.714 26	1.740 26	1.766 26	1.792 26
7	1.816 25	1.843 26	1.869 26	1.895 26	1.921 26	1.947 26	1.973 25	1.998 26	2.024 26	2.050 26
8	2.076 26	2.102 26	2.128 26	2.154 25	2.179 26	2.205 26	2.231 26	2.257 26	2.283 26	2.309 26
9	2.327 25	2.360 26	2.386 26	2.412 26	2.438 26	2.464 26	2.490 25	2.515 26	2.541 26	2.567 26
10	2.595 26	2.619 26	2.645 25	2.671 25	2.696 26	2.722 26	2.748 26	2.774 26	2.800 26	2.826 26
11	2.852 25	2.877 26	2.903 26	2.929 26	2.955 26	2.981 26	3.007 25	3.032 26	3.058 26	3.084 26
12	3.110 25	3.136 26	3.162 26	3.188 25	3.213 26	3.239 26	3.265 26	3.291 26	3.317 26	3.343 26
13	3.369 25	3.394 26	3.420 26	3.446 26	3.472 26	3.498 26	3.524 26	3.549 25	3.575 26	3.601 26
14	3.627 26	3.653 26	3.679 26	3.705 25	3.730 26	3.756 26	3.782 26	3.808 26	3.834 26	3.860 26
15	3.886 25	3.911 26	3.937 26	3.963 26	3.989 25	4.015 26	4.041 26	4.066 25	4.092 26	4.118 26
16	4.144 26	4.170 26	4.196 26	4.222 25	4.247 26	4.273 26	4.299 26	4.325 26	4.351 26	4.377 26
17	4.403 25	4.428 26	4.454 26	4.480 26	4.506 26	4.532 26	4.558 25	4.583 26	4.609 26	4.635 26
18	4.661 26	4.687 26	4.713 26	4.739 25	4.764 26	4.790 26	4.816 26	4.842 26	4.868 26	4.894 26
19	4.920 25	4.945 26	4.971 26	4.997 26	5.023 26	5.049 26	5.075 25	5.100 26	5.126 26	5.152 26
20	5.170 26	5.204 26	5.230 26	5.256 26	5.281 26	5.307 26	5.333 26	5.359 26	5.385 26	5.411 26

Annexe 1.1 : Caractéristiques des moulinets (suite)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
0	0.076	0.083	0.094	0.103	0.112	0.121	0.130	0.139	0.148	0.157
1	0.166	0.175	0.184	0.193	0.202	0.211	0.220	0.229	0.238	0.247
2	0.256	0.265	0.274	0.283	0.292	0.301	0.309	0.318	0.327	0.335
3	0.344	0.353	0.362	0.371	0.380	0.389	0.398	0.407	0.416	0.425
4	0.434	0.443	0.452	0.461	0.470	0.479	0.488	0.497	0.506	0.515
5	0.524	0.533	0.542	0.551	0.560	0.569	0.578	0.587	0.596	0.605
6	0.615	0.624	0.633	0.642	0.651	0.660	0.669	0.678	0.687	0.696
7	0.705	0.714	0.723	0.732	0.741	0.750	0.759	0.768	0.777	0.786
8	0.795	0.804	0.813	0.822	0.831	0.840	0.849	0.858	0.867	0.876
9	0.885	0.894	0.903	0.912	0.921	0.930	0.939	0.948	0.957	0.966
10	0.975	0.984	0.993	1.002	1.011	1.020	1.029	1.038	1.047	1.056
11	1.065	1.074	1.083	1.092	1.101	1.110	1.119	1.128	1.137	1.146
12	1.155	1.164	1.173	1.182	1.191	1.200	1.209	1.218	1.227	1.236
13	1.245	1.254	1.263	1.272	1.281	1.290	1.299	1.308	1.317	1.326
14	1.335	1.344	1.353	1.362	1.371	1.380	1.389	1.398	1.407	1.416
15	1.425	1.434	1.443	1.452	1.461	1.470	1.479	1.488	1.497	1.506
16	1.515	1.524	1.533	1.542	1.551	1.560	1.569	1.578	1.587	1.596
17	1.605	1.614	1.623	1.632	1.641	1.650	1.659	1.668	1.677	1.686
18	1.695	1.704	1.713	1.722	1.731	1.740	1.749	1.758	1.767	1.776
19	1.785	1.794	1.803	1.812	1.821	1.830	1.839	1.848	1.857	1.866
20	1.875	1.884	1.893	1.902	1.911	1.920	1.929	1.938	1.947	1.956

Annexe 1.2 : Caractéristiques des hélices

A.OTT
KEMPTEN

LABORATOIRE HYDRAULIQUE

Certificat d'Étalonnage

du Moulinet OTT No. 79864 type C31 "10.001"

Méthode d'essai BAR90

Mode de fixation de l'instrument

sur tige de 20 mm de diamètre

Si n désigne le nombre de tours de l'hélice par seconde et
v la vitesse de l'eau en mètres par seconde, on a

Hélice diamètre 125 mm, pas 0,25 m, No. 1-79855

si n < 0,60	v = 0,2495 n ± 0,014
si n >= 0,60	v = 0,2595 n ± 0,000
si n < 0,60	v =
si n >= 0,60	v =

Hélice diamètre 80 mm, pas 0,125 m, No. 4-79711

si n < 1,27	v = 0,1271 n ± 0,030
si n >= 1,27	v = 0,1350 n ± 0,020
si n < 1,27	v =
si n >= 1,27	v =

Hélice diamètre mm, pas m, No.

si n <	v =
si n >=	v =
si n <	v =
si n >=	v =

Kempton, 10.1.1983

A.OTT
KEMPTEN

LABORATOIRE HYDRAULIQUE

Certificat d'Étalonnage

du Moulinet OTT No. 79864 type C31 "10.001"

Méthode d'essai BAR90

Mode de fixation de l'instrument
comme moulinet suspendu

avec corps de 45 kg

Si n désigne le nombre de tours de l'hélice par seconde et
v la vitesse de l'eau en mètres par seconde, on a

Hélice diamètre 125 mm, pas 0,25 m, No. 1-79857

si n < 0,55	v = 0,2440 n ± 0,014
si n >= 0,55	v = 0,2585 n ± 0,000
si n < 0,55	v =
si n >= 0,55	v =

Hélice diamètre 125 mm, pas 0,25 m, No. 2-79812

si n < 0,34	v = 0,4810 n ± 0,010
si n >= 0,34	v = 0,5130 n ± 0,005
si n < 0,34	v =
si n >= 0,34	v =

Hélice diamètre mm, pas m, No.

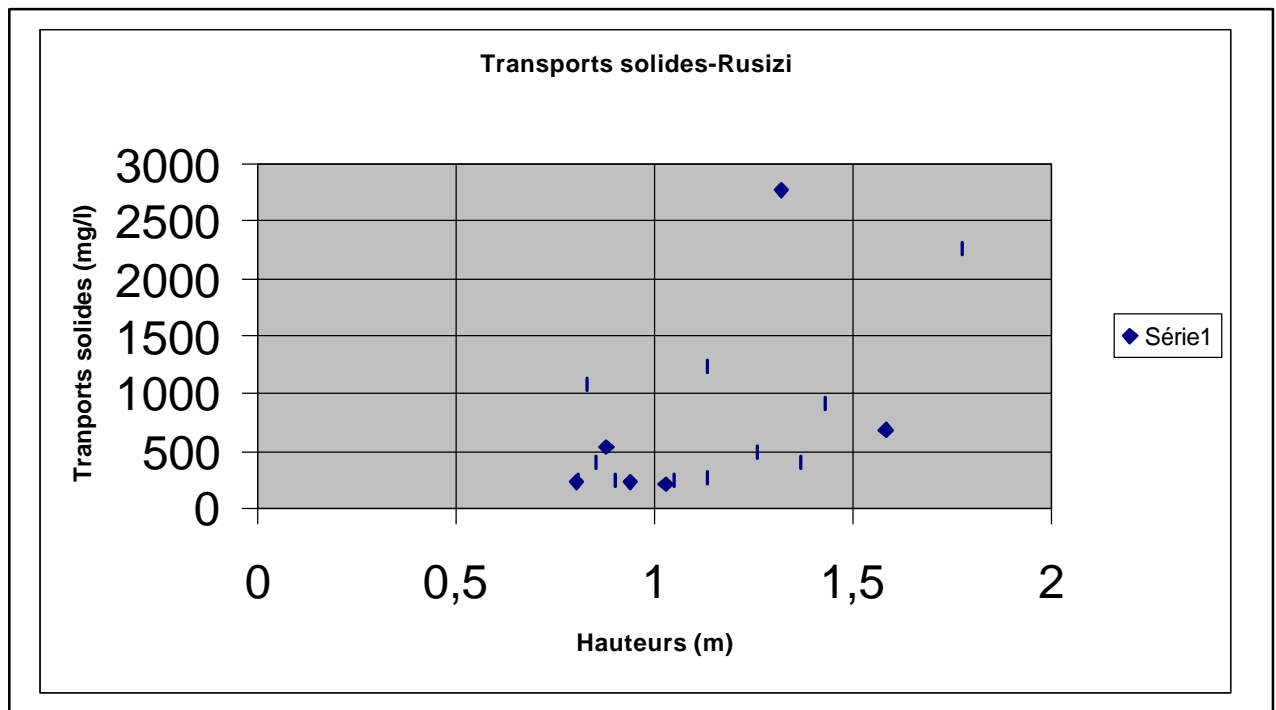
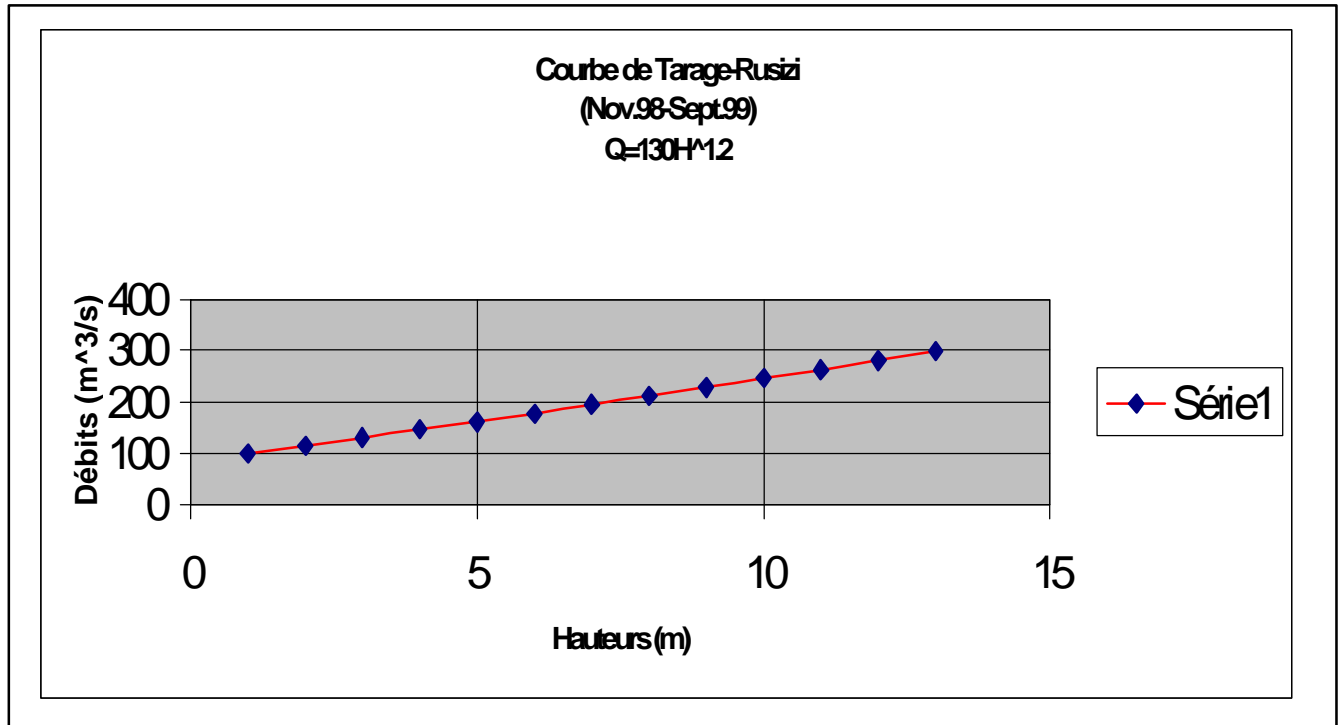
si n <	v =
si n >=	v =
si n <	v =
si n >=	v =

Kempton, 10.1.1983

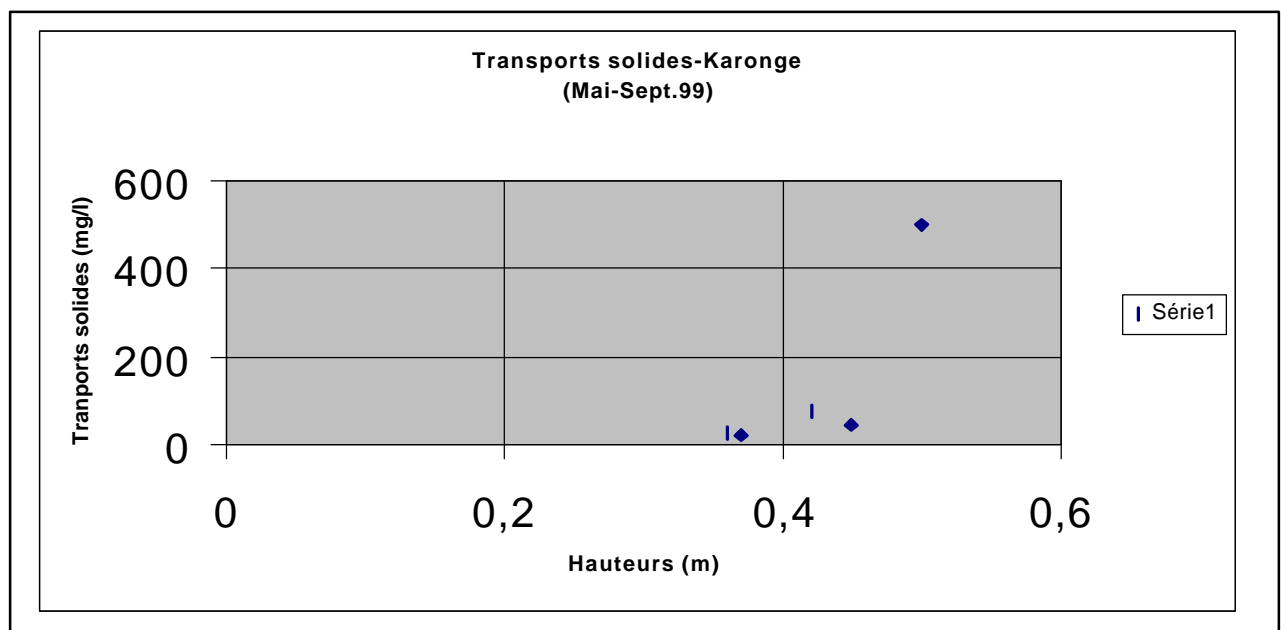
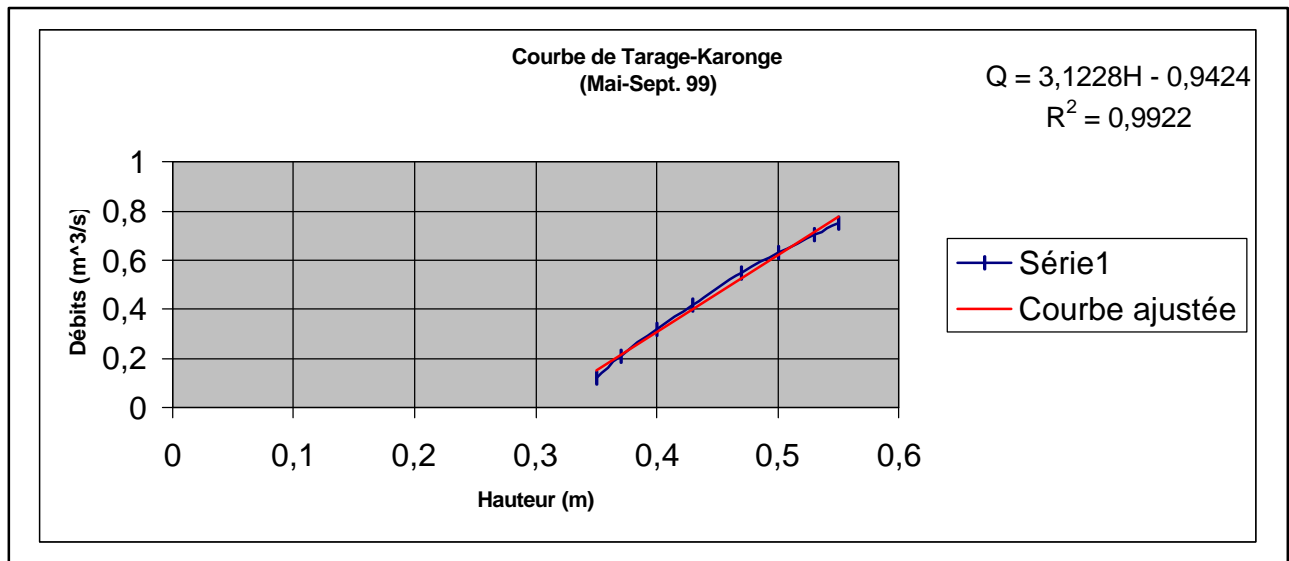
A.OTT GMBH - D-8960 Kempton - Zöggenstraße 4-12 *H. Clauberg*

Annexe 2 : Courbes de tarage et graphiques du transport solide

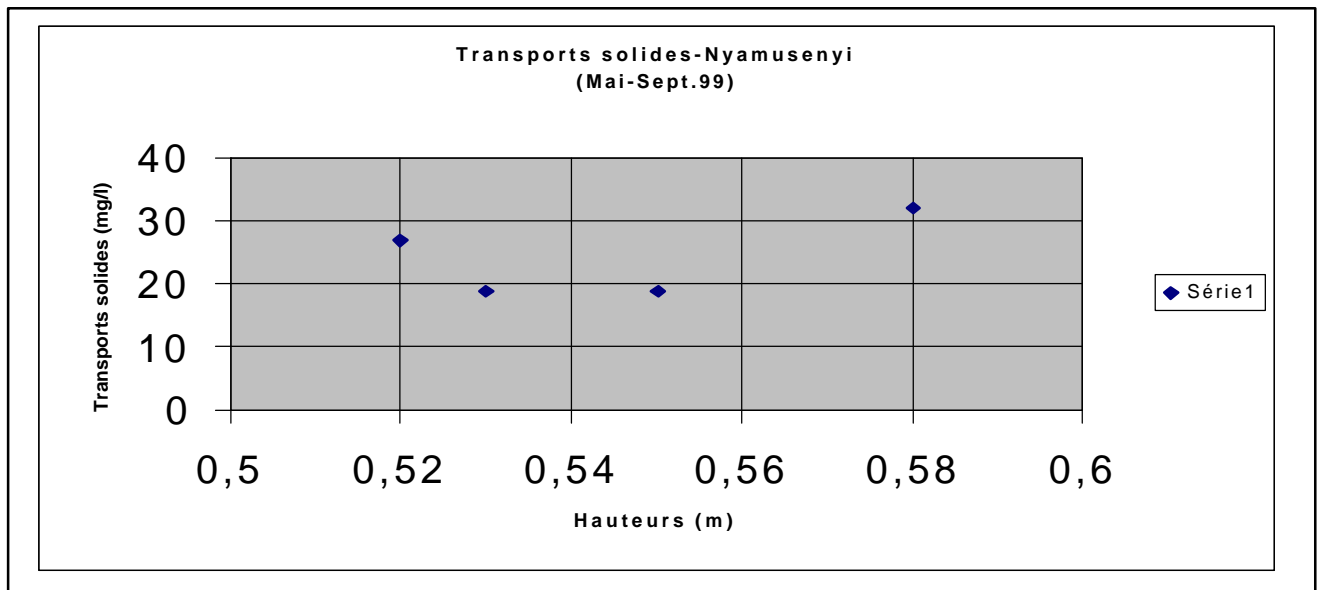
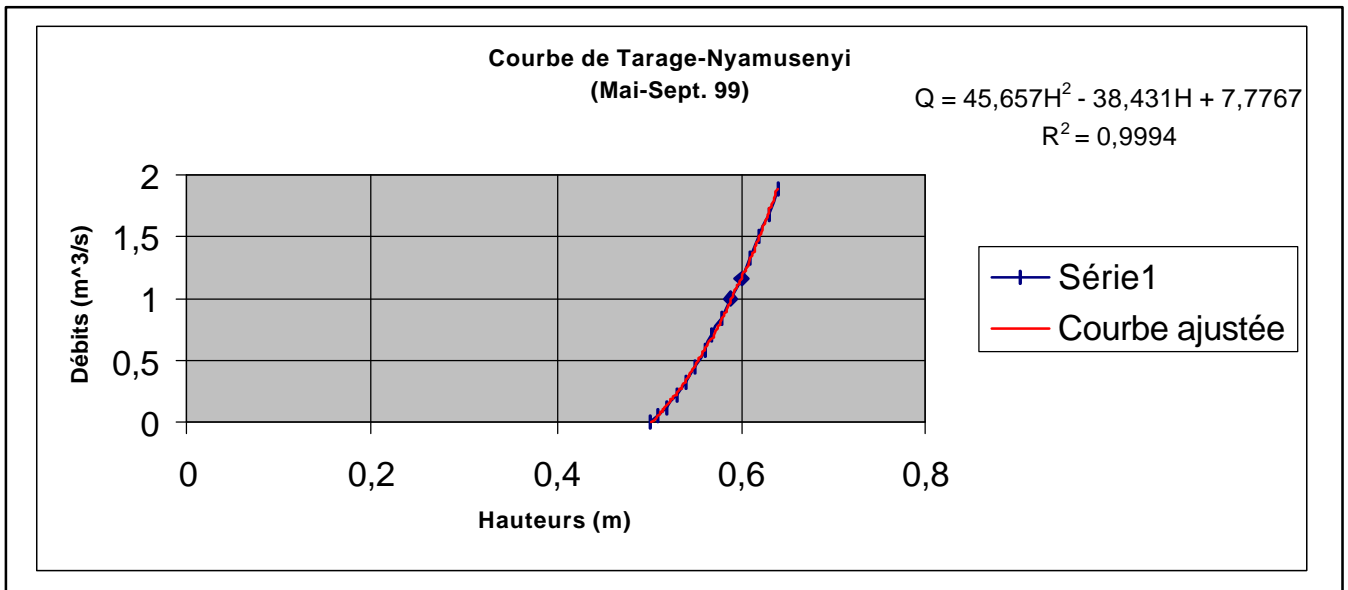
Annexe 2.1 : Courbe de tarage et graphique du transport solide pour la rivière Rusizi



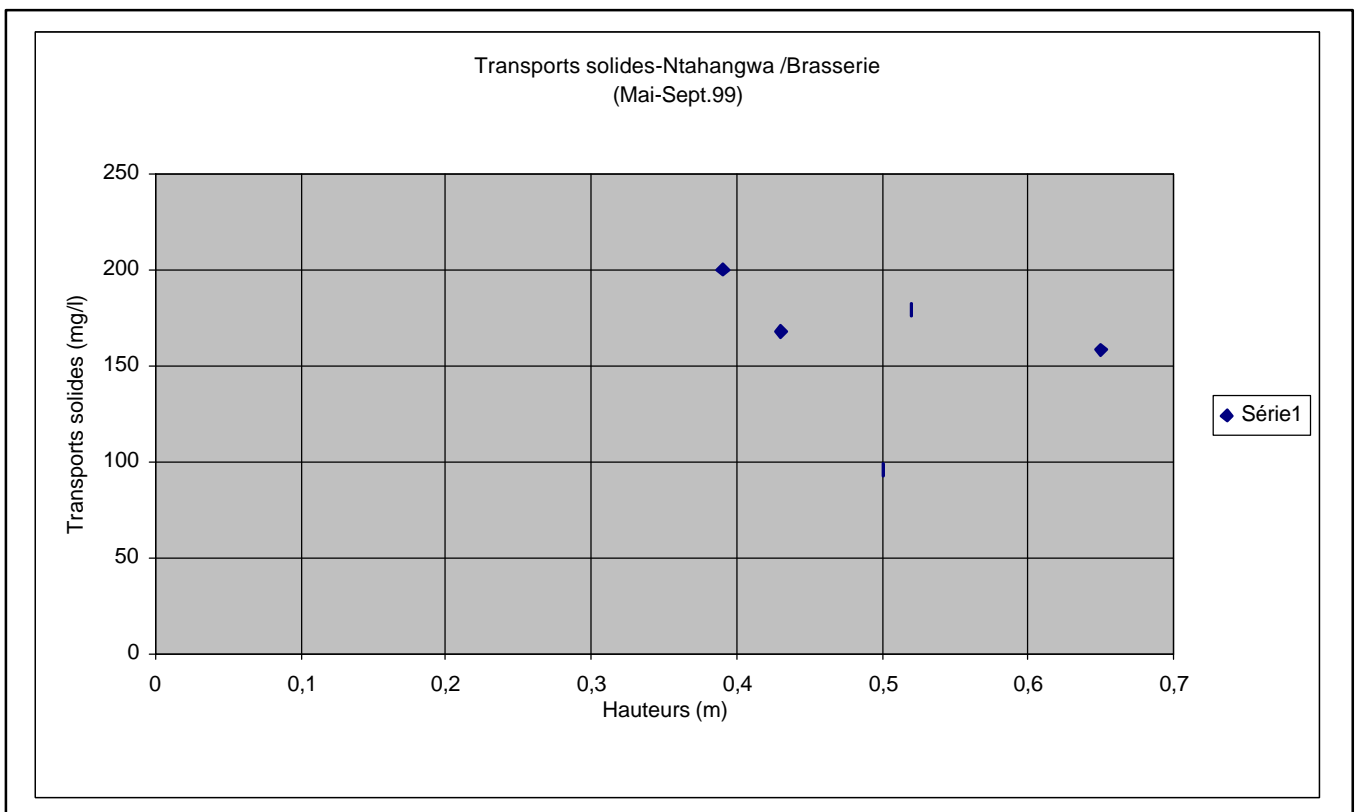
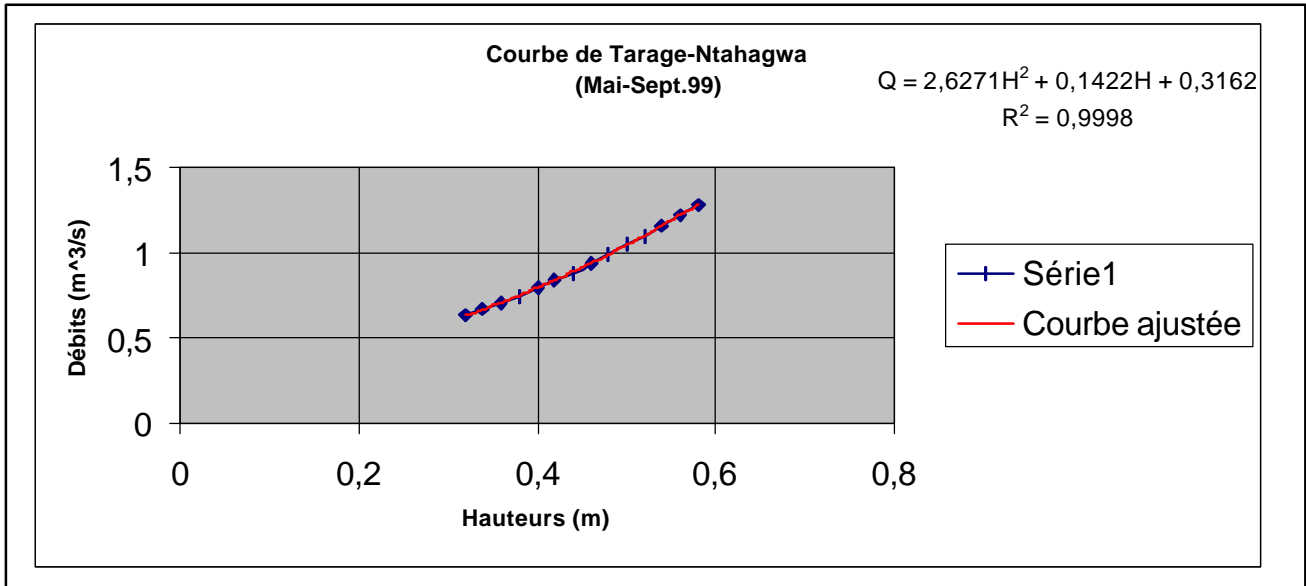
Annexe 2.2 : Courbe de tarage et graphique du transport solide pour la rivière Karonge



Annexe 2.3 : Courbe de tarage et graphique du transport solide pour la rivière Nyamusenyi



Annexe 2.4 : Courbe de tarage et graphique du transport solide pour la rivière Ntahagwa (Brasserie)



Annexe 2.5 : Courbe de tarage et graphique du transport solide pour la rivière Kirasa

