

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

**Procédures opérationnelles
standards pour l'Echantillonnage
de terrain et le Traitement et
Analyse des données de ESBIO**

RAPPORT ESBIO

E. H. ALLISON, R.G.T. PALEY AND V. J. COWAN
(CONTRIBUTEURS A L' EDITION)

VERSION SORTIE A LA CLOTURE DE ESBIO
AOUT 2000

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

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



Préface

Ce document détermine les méthodes d'échantillonnage de terrain ainsi que les techniques subséquentes de traitement des échantillons à utiliser dans le travail qui contribue à l'étude spécialisée de biodiversité. Le document a été élaboré à partir du plan de travail de Biodiversité, du test des méthodes d'échantillonnage sur terrain entrepris au cours des activités de formation en Tanzanie et au Burundi en 1997 et 1998, ainsi que de la documentation sur les techniques d'étude de la biodiversité dans d'autres endroits. Ce document voudrait laisser en place des instructions claires aux participants de l'étude spécialisée, et aux personnes impliquées dans les programmes d'évaluation de la biodiversité et de suivi sur le lac dans les années à venir.

Ce document ne contient pas d'évaluation détaillée de méthodes alternatives, de revues de la documentation sur la théorie d'échantillonnage et d'évaluation de la biodiversité ni de discussions sur les pratiques de conservation. Il se veut comme une référence et un manuel d'instruction pour utilisation par les équipes de terrain de la biodiversité du lac Tanganyika, et un enregistrement de la méthodologie utilisée par BLOSS.

Contributeurs à ce document

Nom	Adresse	Sections concernées
Dr Edward Allison	School of Development Studies, University of East Anglia, England. e.Allison@uea.ac.uk	Contributeurs Editeurs
Richard Paley	C/o Vicki Cowan, MRAG	
Vicki Cowan	MRAG Ltd. 47 Princes Gate, London SW7 2QA. v.cowan@ic.ac.uk	
Dr Kelly West	C/o Dr Gaspard Ntakimazi, Burundi kwest@mac.com	SECTION 3 SECTION 6
Dr Gaspard Ntakimazi	Université du Burundi, Faculté des Sciences, B.P. 2700, Bujumbura, Burundi	SECTION 5 SECTION 9
Mr Simon Holden Mr Crag Jones Mr John Pearce	MRAG Ltd, 47 Prince's Gate, London SW7 2QA	SECTION 2 SECTION 8
Dr Paul Tierney	C/o Dr Ken Irvine, Dept Zoology, Trinity College Dublin 2, Ireland	SECTION 4 SECTION 9
William Darwall	Lake Malawi, C/o Dr E Allison	SECTION 3 SECTION 5 SECTION 9
Dr Koen Martens	Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Rue Vautier 29, B - 1000 Bruxelles, Belgique	SECTION 3 SECTION 11
Roger Bills	JLB Smith Institute of Ichthyology, Private Bag 1015, Somerset Street, Grahamstown 6140, RSA.	SECTION 3 SECTION 5
Dr M.M. Gashagaza	Université Nationale du Rwanda, Faculté d'Agriculture, BP 117 Butare, Rwanda	SECTION 3 SECTION 5
Dr Luc De Vos	National Museums of Kenya, Ichthyology Department, PO Box 406587, Nairobi, Kenya	SECTION 3 SECTION 5 SECTION 9

Membres des équipes ESBIO qui ont raffiné les techniques de terrain et revu différentes sections de ce document.

Name	Address	Country
Célestin BIGIRIMANA	Séminaire de Kanyosha B. P. 1119, Bujumbura, Burundi	Burundi
Térence HAKIZIMANA	Lycée de Cibitoke B. P. 1119, Bujumbura, Burundi	
Libère NDAYISENGA	INECN: B. P. 2757, Bujumbura, Burundi Email: c/o inecnblt@cbinf.com	
Albéric RUGIRABIRORI	Université du Burundi B. P. 2700, Bujumbura, Burundi	
Bernard SINUNGUKA	DEPP: B. P. 1119, Bujumbura, Burundi Email: c/o ltfmp-bjm@cbinf.com	
Constantin AMUNDALA	Centre de Recherche en Hydrobiologie, (CRH) Uvira, DRC	RD Congo
BYERAGI bahane	c/o P.O. Box 254, Bujumbura, Burundi	
Alexis BASHONGA		
Patrick BUDA		
Donatien MUZUMANI		
Igundji WATUNA		
Robert KAYANDA	TAFIRI, P. O. Box 90, Kigoma, Tanzania Email: c/o ltfmp-kgm@africaonline.co.tz	Tanzania
Fadhili KIMAMBO	TANAPA Gombe Stream Nat. Park, c/o TANAPA, P.O.Box 1374, Kigoma, Tanzania	
Bakari MNAYA		
Robert WAKAFUMBE	TAFIRI, P. O. Box 90, Kigoma, Tanzania Email: c/o ltfmp-kgm@africaonline.co.tz	
Charles LUKWESA	Dept. of Fisheries, P. O. Box 55, Mpulungu, Zambia Email: c/o ltfmpmp@zamserve.zamtel.zm	Zambia
Maybin MWENDA		
Reuben SHAPOLA		
Robert SINYINZA		
Isaac ZULU		

TABLE DES MATIERES

SECTION 1. LE PLAN DE TRAVAIL SUR LA BIODIVERSITE	1
1.1 Buts	1
1.2 Objectifs	1
1.3 Vue générale des principaux éléments du programme	1
1.3.1 <i>Etudier les niveaux actuels de la biodiversité dans le lac Tanganyika</i>	3
1.3.2 <i>Identifier la distribution des types d'habitats importants, en mettant l'accent sur les aires protégées existantes ou à créer</i>	4
1.3.3 <i>Suggérer des zones prioritaires pour la conservation, sur base des connaissances existantes et des recommandations émanant des autres ES et complétées par un travail d'exploration supplémentaire là où c'est nécessaire</i> 4	4
1.3.4 <i>Développer un programme durable de suivi de la biodiversité</i>	5
SECTION 2. ANALYSE DES NIVEAUX ACTUELS DE LA BIODIVERSITE DANS LE LAC TANGANYIKA: BASE DE DONNEES DES INFORMATIONS PUBLIEES.....	7
2.1 Introduction à la Base de Données Documentaires de l'ESBIO	7
2.2 Sources de données	8
2.3 Liens au logiciel de cartographie	8
SECTION 3. EVALUATION DE LA BIODIVERSITE	9
3.1 Approches à l'évaluation de la biodiversité	9
3.2 Sélectionner des sous-ensembles de la biodiversité totale	9
3.3 Stratégie adoptée pour l'ESBIO	10
3.4 Structure des explorations ESBIO dans les domaines de conservation existants et potentiels au lac Tanganyika	12
3.4.1 <i>Calendrier indicatif de l'exploration</i>	15
3.4.2 <i>Logistique pour l'exploration</i>	15
3.4.3 <i>Gestion des données</i>	16
SECTION 4. EXPLORATION DES SITES & CARTOGRAPHIE DES HABITATS	19
4.1 Exploration des sites.....	19
4.1.1 <i>Obtenir des cartes de la zone</i>	19
4.1.2 <i>Examiner la base de données documentaires pour les travaux antérieurs d'exploration de la biodiversité dans le secteur</i>	20
4.1.3 <i>Examiner les plans et activités des autres études spécialisées du PBLT</i>	20
4.2 Dessin à grands traits de la topographie et des habitats côtiers et sous - lacustres....	20
4.2.1 <i>Exploration à la planche manta</i>	20
4.2.2 <i>Classification des types de substrats</i>	26
4.3 Cartographie des habitats sous lacustres à une échelle plus fine	26
4.3.1 <i>Choix des emplacements pour exploration des sites</i>	26
4.3.2 <i>Plongées de profils</i>	27
SECTION 5. METHODES D'ECHANTILLONNAGE POUR TAXA CHOISIS COMME INDICATEURS DE LA BIODIVERSITE TOTALE: POISSONS	31
5.1 Identification	31
5.2 Stationary Visual Census (SVC).....	31
5.2.1 <i>Equipment</i>	31
5.2.2 <i>Procédure</i>	31
5.3 Rapid Visual Census (RVC)	32
5.3.1 <i>Equipment</i>	32
5.3.2 <i>Procédure</i>	32
5.4 Filets maillants	33
5.4.1 <i>Equipment</i>	33
5.4.2 <i>Procédure</i>	34
5.5 Echantillonnage dans les zones "impropres à la plongée"	34

SECTION 6. METHODES D'ECHANTILLONNAGE POUR LES TAXA CHOISIS COMME SUBSTITUTS DE LA BIODIVERSITE TOTALE: MOLLUSQUES.....	35
6.1 Identification	35
6.2 Vue générale des méthodes d'exploration.....	35
6.3 Notes de recherche.....	35
6.4 L'inventaire des mollusques en plongée.....	37
6.4.1 <i>Equipement</i>	37
6.4.2 <i>Procédure</i>	37
6.5 Echantillonnage de mollusques dans une zone "impropre à la plongée"	39
SECTION 7. METHODES D'ECHANTILLONNAGE POUR LES TAXA SELECTIONNES COMME SUBSTITUTS DE LA BIODIVERSITE TOTALE: AUTRES INVERTEBRES	41
7.1 Introduction.....	41
7.2 Identification	41
7.3 Possibilités d'échantillonnage	41
7.3.1 <i>Prédateurs mobiles ou fouisseurs</i>	41
7.3.2 <i>Invertébrés benthiques</i>	41
7.3.3 <i>Invertébrés de la zone littorale</i>	41
7.3.4 <i>Invertébrés de la zone pélagique</i>	42
SECTION 8. STOCKAGE DES DONNEES DES EXPLORATIONS DE ESBIO ET ANALYSE	43
8.1 La base des Données d'exploitation de l'ESBIO.....	43
8.2 Analyse des Données des Explorations	44
8.3 Analyse de la Carte des habitats	44
8.3.1 <i>Les données de l'exploration Manta</i>	45
8.3.2 <i>Données sur le Profil</i>	45
8.3.3 <i>Groupage ou comparaison des échantillons à l'intérieur d'habitats comparables</i>	45
8.4 Analyse des données de l'exploration de la biodiversité	47
8.4.1 <i>Richesse spécifique</i>	48
8.4.2 <i>Calculs et comparaisons des indices de diversité</i>	51
8.4.3 <i>Complémentarité, rareté, endémisme: critères de biodiversité pour la planification de la conservation</i>	54
8.5 Résumé	55
SECTION 9. PROGRAMME DE SUIVI A LONG TERME.....	57
9.1 Critères pour la sélection des Sites pour le Suivi	57
9.2 Emplacement des Sites	57
9.3 Techniques pour le Suivi.....	57
9.4 Organismes (vivants) pour le Suivi	59
9.4.1 <i>Liste des espèces de poissons recommandées pour le suivi (observations en plongée)</i>	59
9.4.2 <i>Liste des espèces de mollusques recommandées pour le suivi</i>	60
9.5 Indicateurs biologiques	60
SECTION 10. ANNEXE 1 – UN GUIDE DE BONNE PRATIQUE POUR CHERCHEURS VISITEURS	61
SECTION 11. ANNEXE 2 – PRESERVATION AND CONSERVATION DE SPECIMENS ECHANTILLONNES.....	63
11.1 Préservation des échantillons obtenus aux filets maillants.....	63
11.2 Méthodes de Préservation pour Invertébrés	63
11.3 Rangement au Musée.....	63
SECTION 12. ANNEXE 3 – CONSIGNES DE SECURITE LORS DES PLONGEES.....	65
12.1 Conseil général pour la plongée.....	65
12.2 Instructions permanentes pour l'échantillonnage dans les zones habitées de crocodiles et d'hippopotames.....	65

12.2.1	Introduction.....	65
12.2.2	Procedures Generales.....	65
12.2.3	Crocodiles.....	66
12.2.4	Hippopotames.....	67
12.2.5	Conclusion.....	67

SECTION 13. ANNEXE 4 – FORMULAIRES POUR L'ENREGISTREMENT ES DONNEES 68

13.1	Fiche pour enregistrement de terrain.....	68
13.2	Formulaire 1 pour Manta (données sous-lacustres).....	69
13.3	Formulaire 2 pour Manta (données sur la ligne de côte).....	70
13.4	Formulaire n° 3 pour Manta (données sur le Site).....	71
13.5	Formulaire pour le Profil en plongée.....	72
13.6	Formulaire pour les données sur l'Habitat avec Grappin.....	73
13.7	Formulaire pour l'Inventaire Visuel Stationnaire.....	74
13.8	Formulaire pour l'Inventaire Visuel Rapide.....	75
13.9	Formulaire pour Filet maillant.....	76
13.10	Formulaire pour l'Inventaire des Mollusques par Transect.....	77

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1	Meilleure pratique – Planifier les inventaires de biodiversité. Commenté avec les activités ESBIO/PBLT. Voir encadré 1 pour les composantes du PBLT associées aux numéros de cette figure.....	2
Figure 3.1	Illustration de la façon dont les programmes d'exploration et de suivi utiliseront les RBT et les espèces indicatrices (N'y aurait-il pas plus de sens à ce que les boîtes en pointillés aient des flèches inverses).....	12
Figure 4.1	Plan de la fabrication d'une planche Manta en bois, y compris les dimensions.....	22
Figure 4.2	Données de l'exploration Manta présentées sur une carte du Parc National de Nsumbu en Zambie.....	25
Figure 4.3	Exemple de données sur les profils en plongée du Parc National de Mahale Mountains, Tanzanie.....	30
Figure 6.1	Photographie de l'activité de tamisage des mollusques.....	37
Figure 6.2	Exemple de page du carnet de plongeur: Inventaire de mollusques en plongée.....	39
Figure 6.3	Photographie d'une drague de naturalistes.....	40
Figure 8.1	Classification des habitats basé sur les principaux substrats. 'Rock' inclut les roches, la roche mère et les galets. 'Sand' inclut toutes les catégories de substrat mou depuis la vase jusqu'au petits graviers.....	46
Figure 8.2	Un exemple hypothétique une courbe d'accumulation des espèces qui indique si l'effort d'échantillonnage a été adéquat (a) Mahale (b) Nsumbu.....	49

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 3.1	Caractéristiques de potentiels substitués de taxa de la biodiversité totale.....	10
Tableau 3.2	Résumé des techniques d'exploration et leur résultat.....	14
Tableau 3.3	Survey technique field data forms and templates.....	16
Tableau 3.4	Conversion de minutes et secondes en décimales.....	17
Tableau 4.1	Exemple d'une possible distribution de sites d'échantillonnage entre types d'habitats.....	27
	Les activités pour les deux équipes de couples de plongeurs échantillonnant sur des pentes graduelles sont résumées dans Table 4.2.....	28
Tableau 6.1	Activités des plongeurs échantillonnant les mollusques dans différents habitats.....	38
Tableau 8.1	Formulaires pour l'enregistrement des données pour chaque type d'échantillon.....	44
Tableau 8.2	Résumé des principales caractéristiques du logiciel 'estimates'.....	50
Tableau 9.1	Sites sélectionnés pour le suivi à long terme dans chaque pays riverain.....	58
Tableau 11.1	Les méthodes suggérées pour préserver différents groupes d'invertébrés.....	64

SECTION 1. LE PLAN DE TRAVAIL SUR LA BIODIVERSITE

1.1 Buts

Le but principal de l'ESBIO est d'appuyer le développement du programme d'action stratégique gérer le lac Tanganyika. Le but du programme d'action stratégique est:

“de pourvoir à la gestion régionale du lac Tanganyika en vue d'une gestion durable de la biodiversité et de la subsistance des générations actuelles et futures de communautés riveraines du lac”.

Les objectifs spécifiques du PAS qu'aborde directement cette étude sont de “définir et classer en priorités les actions de gestion requises pour préserver la biodiversité du lac Tanganyika” et “permettre au Comité de Gestion du Bassin du Lac de donner des orientations à la communauté internationale sur les besoins de la région du lac Tanganyika en termes de conservation de la biodiversité et d'utilisation durable des ressources”.

1.2 Objectifs

Pour réaliser ces buts, l'ESBIO a quatre principaux objectifs:

- Etudier les niveaux actuels de la biodiversité dans le lac Tanganyika;
- Identifier la distribution des types d'habitats importants, en mettant l'accent sur les aires protégées existantes ou à créer;
- Suggérer des zones prioritaires pour la conservation, sur base des connaissances existantes et des recommandations émanant des autres ES et complétées par un travail d'exploration supplémentaire là où nécessaire; et,
- Développer un programme durable de suivi de la biodiversité.

Les objectifs 1, 3 et 4 seront effectués en étroite consultation avec les équipes des autres ES.

1.3 Vue générale des principaux éléments du programme

Cette section donne brièvement des informations de base sur le raisonnement sous-tendant les principaux objectifs du programme. De plus amples informations sont contenues dans le plan de travail de Biodiversité, qui est un document de travail du projet. Les détails techniques de chaque programme sont expliqués dans les sections 2-5.

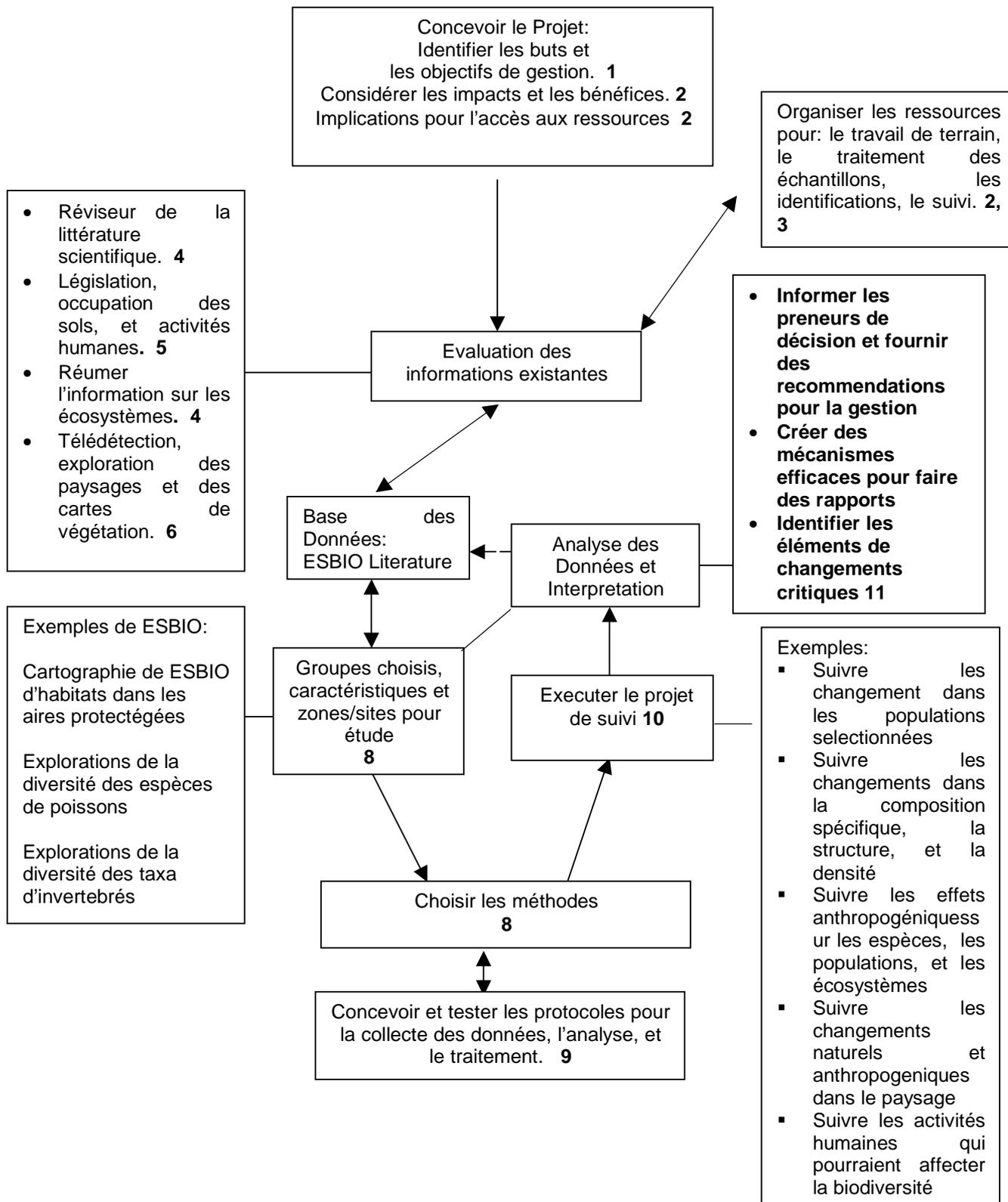


Figure 1.1 Meilleure pratique – Planifier les inventaires de biodiversité ¹. Commenté avec les activités ES BIO/PBLT. Voir encadré 1 pour les composantes du PBLT associées aux numéros de cette figure

¹ Adapté de Jermy, Long, Sands, Stork, Winser (Eds) (1995). Biodiversity Assessment: a guide to good practice. Department of the Environment/HMSO, London

Les numéros dans les encadrés ci-dessus se rapportent aux composantes du PBLT suivantes:-

1. Programme d'Action Stratégique, PAS
2. Analyse institutionnelle
3. Remise à neuf des laboratoires, ateliers de formation, achat du matériel
4. Examens de référence, ESBIO/ESPP, ESP, SSS,
5. Examens de référence: ESSE ainsi que le domaine Juridique et Institutionnel
6. Etudes SIG
7. Bases de données ESBIO
8. Plan de travail ESBIO
9. Programme de formation, testage des méthodes, ce document
10. Toutes les ES, 1998–
11. Rapports pour informer le PAS

1.3.1 Etudier les niveaux actuels de la biodiversité dans le lac Tanganyika

Il y a un travail considérable à faire sur la faune et la flore du lac Tanganyika. Une grande partie des données originelles n'est pas encore publiée dans la documentation internationale existante, et il y en a encore moins dans les pays riverains dans lesquels elle a été collectée. La plupart des données se trouvent dans les archives et les rapports internes des différentes institutions de recherche des pays développés se trouvant loin de la région. Afin de pouvoir examiner les connaissances existantes sur la biodiversité du lac Tanganyika, ces bases de données doivent être rassemblées. Pour ce faire, une base de données documentaires, liée à un système SIG, a été développée chez MRAG afin d'avoir un dossier complet sur toute la biodiversité connue dans le lac Tanganyika.

Cette base de données sera utilisée pour répondre à certaines des questions ci-après, qui ont des implications pour la stratégie et la planification de la gestion de la conservation, ainsi que pour le développement ultérieur du plan de travail des observations:

- Quels liens peut-on établir entre les types d'habitats et les distributions des espèces ?
- La diversité d'un groupe taxonomique est-elle liée à la diversité d'un autre groupe ?
- Existe-t-il des frontières géographiques importantes séparant les communautés distinctes, ou les populations des espèces ? Où sont-elles ? Sont-elles au même endroit pour les différents taxa ?
- Les réserves aquatiques existantes ont-elles les moyens de protéger une proportion adéquate de la flore et de la faune connues du lac ? Quelle proportion d'espèces est-elle représentée dans le jeu des effectifs de toutes les zones protégées existantes ?
- Certaines localisations particulièrement diversifiées ont-elles été identifiées là où il n'y a pas actuellement de protection ? L'ajout de ces zones au groupe existant des zones protégées augmenterait-il de façon significative l'effectif total des espèces jouissant de la protection ? Dans quel ordre de priorité ces nouvelles zones devraient-elles être ajoutées, sur base de l'ajout au jeu total de la diversité (génétique, taxonomique ou écologique) jouissant de la protection ?
- Quels zones, habitats et taxa ont-ils été négligés dans les programmes d'échantillonnage passés ?
- La couverture des explorations passées et les méthodologies utilisées ont-ils été adéquats pour planifier la conservation ? Si non, comment les explorations devraient-elles être conduites dans l'avenir ?

Il a déjà été déterminé qu'il y a peu d'études existantes sur le lac qui ont été effectués en ayant spécifiquement à l'esprit la biodiversité (génétique, taxonomique ou écologique) à l'esprit. La majorité des études concernent les collections des musées, les études dans la biologie de l'évolution, l'écologie du comportement ainsi que la paléo-limnologie. Il y a par conséquent peu

de normalisation de méthodologie des explorations entre les études. Ces données offrent cependant une représentation de ce qui est connu de la diversité et de la distribution de la flore et de la faune dans le lac. Typiquement, ce sont des données 'présence' plutôt que 'présence/absence'; c.à.d. que l'absence de taxa dans une zone particulière ne signifie pas qu'ils n'y étaient pas, ou qu'ils n'étaient même pas courants, mais seulement que cette activité ne les a pas inclus dans ses échantillons ou dans ses observations. Ceci rend problématique l'interprétation des données de la distribution spatiale et temporelle, mais n'est pas une particularité dans les bases de données de biodiversité des autres zones où peu d'observations ont été systématiquement réalisées.

Il est prévu que cette base de données constituera une ressource pour la future gestion du lac, ainsi qu'un outil de recherche pour les scientifiques des groupes de recherche provenant tant des pays riverains que des cercles internationaux.

1.3.2 Identifier la distribution des types d'habitats importants, en mettant l'accent sur les aires protégées existantes ou à créer

Le fait que les espèces caractéristiques soient associées aux habitats particuliers est un principe central de la biologie de la conservation. Ainsi, la distribution des types d'habitats est à la base de la distribution de la biodiversité. En fait, les plans de conservation plus récents se basent souvent sur la protection des habitats et des écosystèmes particuliers (récifs de corail, mangliers, prairie de craie, forêts montagneuses tropicales) plutôt que des espèces individuelles ou des groupes d'espèces. Le raisonnement sous-tendant la cartographie des habitats dans le projet est qu'il n'est ni possible ni nécessaire de mesurer la diversité à toutes les échelles (habitat, écosystème, espèce, génotype), et que la protection de la plus grande échelle de diversité est la base de la protection de la diversité en son sein.

Le fait que les espèces caractéristiques soient associées aux habitats particuliers est un principe central de la biologie de la conservation. Ainsi, la distribution des types d'habitats est à la base de la distribution de la biodiversité. En fait, les plans de conservation plus récents se basent souvent sur la protection des habitats et des écosystèmes particuliers (récifs de corail, mangliers, prairie de craie, forêts montagneuses tropicales) plutôt que des espèces individuelles ou des groupes d'espèces. Le raisonnement sous-tendant la cartographie des habitats dans le projet est qu'il n'est ni possible ni nécessaire de mesurer la diversité à toutes les échelles (habitat, écosystème, espèce, génotype), et que la protection de la plus grande échelle de diversité est la base de la protection de la diversité en son sein.

La mosaïque sable/gravier/rocher/roc qui caractérise la majorité du littoral ne peut pas être protégée dans son entièreté, et a, dans tous les cas, été étudiée assez largement. Les nouveaux travaux d'exploration porteront leur intérêt sur la description des habitats disponibles au sein des zones protégées existantes.

Les changements dans l'ampleur et la qualité des habitats (un indicateur visuel des effets de la pollution, principale cause de perte de biodiversité) seront suivis au moyen de l'inventaire visuel simple. La comparaison avec les documents photographiques sera aussi faite là où ils existent.

1.3.3 Suggérer des zones prioritaires pour la conservation, sur base des connaissances existantes et des recommandations émanant des autres ES et complétées par un travail d'exploration supplémentaire là où c'est nécessaire

Alors que le projet doit continuer à se demander si des aires protégées supplémentaires constituent le meilleur moyen de protéger la biodiversité du lac Tanganyika, et si le choix de zones à protéger est une entreprise interdisciplinaire, l'ESBIO vise à contribuer par des données au processus de prise de décision.

Généralement parlant, les zones supplémentaires à protéger devraient être choisies sur base de:

- i) leur contribution à la représentation de la biodiversité totale du lac, dans laquelle le caractère unique des habitats et des assemblages de la flore et de la faune est une composante ;
- ii) le degré auquel elles sont menacées et auquel cette menace peut être atténuée par la désignation comme zone protégée (par ex. le bassin peut-il aussi être protégé si la sédimentation est un problème ?).
- iii) la viabilité financière et administrative de la réserve ; par ex. le financement par les revenus touristiques est-il une option réaliste ? les ressources et le personnel sont-ils disponibles pour administrer une nouvelle zone protégée ? la région est-elle suffisamment stable au niveau politique pour incorporer une zone protégée significative ?
- iv) la perturbation aux communautés riveraines causée par le refus ou la limitation d'accès à ces zones et à ses ressources naturelles.

Les travaux de l'étude spécialisée de biodiversité dans ce manuel concerneront principalement la première considération. Les principaux éléments de ce programme sont:

- i) Analyse des informations existantes par le développement d'une base de données (SECTION 2)
- ii) Explorations des types d'habitats dans les zones protégées existantes ou prévues (Section 3.4)
Inventaires rapides des principaux éléments de la diversité, pour analyse comparative entre zones protégées, ainsi qu'entre sites affectés et sites non-affectés (SECTION 5 et Section 8.4.3)
- iv) Stockage des informations provenant de ii) et de iii) dans une base de données des activités de suivi (Section 8.1)

1.3.4 Développer un programme durable de suivi de la biodiversité

Les modifications de la biodiversité et leurs causes peuvent seulement être bien évaluées par le biais d'un suivi à long terme. Comme il y a une base de données limitée et fragmentée des études antérieures, les programmes de suivi devront continuer au-delà de la vie du projet. Le protocole du suivi de la biodiversité développé par l'ESBIO met l'accent sur la *durabilité*. Le programme est conçu pour utiliser l'expertise et les capacités institutionnelles qui existent, et pour dénier la nécessité d'une autre assistance technique ou financière externe. Dans certains cas, la capacité institutionnelle ainsi que l'expertise individuelle ont été renforcées par le biais de l'organisation de stages financés par le projet, la remise à neuf de laboratoires et de vaisseaux de recherche ainsi que la fourniture d'équipements.

Les programmes de suivi sont conçus pour évaluer les modifications dans la biodiversité causées par des menaces identifiées (pollution, sédimentation, pêche) et peuvent aussi être utilisés pour évaluer les changements positifs qui peuvent suivre l'introduction de nouvelles mesures de conservation ou des stratégies pour contrôler la pollution.

Le programme assure le suivi de la présence et de l'abondance relative des principaux taxa indicateurs et est basé sur des échantillons régulièrement pris dans les sites accessibles aux principales institutions concernées par la recherche, le suivi ainsi que la gestion du lac Tanganyika. Le programme de suivi doit être lié à la surveillance régulière de la qualité de l'eau, la sédimentation et l'activité de pêche exécutées par les autres études spécialisées. La collecte des données sur la biodiversité sans données parallèles provenant des autres études se basant sur les impacts est une perte d'efforts et de ressources.

Les principales activités supportant le programme de suivi sont les suivantes:

- Identification des principaux groupes indicateurs pour la quantification de la biodiversité, des

menaces causées par les principaux types de polluants (y compris la sédimentation) ainsi que des pratiques de pêche.

- Maintien d'un spécimen d'une collection de référence des taxa indicateurs aux principaux centres de suivi.
- Rassemblement et production, là où nécessaire, de clés de terrain diagnostics pour appuyer le programme de suivi
- Rassemblement de la documentation appropriée à chacune des quatre stations de terrain.
- Maintien et actualisation de la base de données documentaires.

SECTION 2. ANALYSE DES NIVEAUX ACTUELS DE LA BIODIVERSITE DANS LE LAC TANGANYIKA: BASE DE DONNEES DES INFORMATIONS PUBLIEES

2.1 Introduction à la Base de Données Documentaires de l'ESBIO

La base de données documentaires de l'ESBIO a été développée comme un outil pour la planification et la gestion de la conservation. Elle fournira des informations sur la distribution spatiale de tout le biote du lac, sur base d'une compilation extraite de toute la documentation disponible et des études antérieures (dont certaines ne sont pas publiées) sur le lac. Elle constitue l'outil de base pour dire ce que sont les espèces et l'endroit où elles se trouvent. Elle a été spécifiquement développée pour remplir l'objectif 1 du plan de travail de l'ESBIO: évaluer l'état présent et la distribution de la biodiversité dans le lac Tanganyika.

On prévoit que les utilisateurs les plus importants de cette base de données seront les planificateurs de la conservation et de l'environnement. En termes de gestion de la biodiversité, le type de questions suivantes qui peuvent être posées à partir d'elle dans le futur:

- Quelle partie du lac possède-t-elle la plus haute diversité de poissons?
- Quelle est la restriction sur la distribution de ces Cichlidés menacés qui sont en train d'être surexploités par le commerce d'aquarium?
- Quelles espèces ont-elles disparu des eaux Burundaises depuis leur première prospection en 1948?
- Quel secteur minimum du lac inclurait, au sein des zones protégées éventuelles, 90% de la biodiversité connue, et comment ces secteurs seraient-ils distribués parmi les quatre pays et entre les différents types d'habitats?
- La forte pêche effectuée dans les eaux Zambiennes a-t-elle eu des effets sur la richesse spécifique des poissons pendant les 50 dernières années ?
- Quels secteurs n'ont-ils pas été explorés?
- A quel endroit dans le lac la (jacinthe de l'eau)* a-t-elle été trouvée, quand et par qui ?
*Insérez la nuisance exotique de votre choix.

Comme avec tout autre base de données, la qualité des réponses est fonction de l'échelle et la qualité des données enregistrées.

Actuellement, la base de données enregistre les données suivantes pour les poissons, les mollusques, les crustacés, etc.: détails taxonomiques, détails complets de la référence bibliographique, localisation (site, latitude/longitude), habitat, profondeur, informations sur les observations, régime alimentaire, L_{∞} et chronologie des observations. Nettement, le rassemblement de ces données sera de grand intérêt pour la communauté scientifique, bien que son utilisation primaire soit comme un outil de gestion des ressources.

L'idée est aussi que cette base de données continue à être mise à jour aussi longtemps ce type d'informations sera nécessaire pour la gestion du lac (c'est-à-dire aussi longtemps que le lac existera !). En vue de maintenir l'afflux des données dans la base de données, il peut être demandé à tous les chercheurs visitant le lac Tanganyika de soumettre leurs données. En fait, ce type d'exigence peut être lié à l'allocation de permis de recherche. Dans ce rôle, elle fonctionnera comme la source d'information de base sur la biodiversité pour le Conseil Consultatif Technique du Bassin du Lac Tanganyika. Ils peuvent avoir besoin de l'utiliser dans les futures Evaluations des Effets sur l'Environnement (par ex. si quelqu'un propose de construire une tannerie ici près du lac – le CCT peut répondre " vous ne pouvez pas faire cela, c'est juste à côté du seul habitat connu des *Lavigeria westii*").

Des instructions détaillées sur la gestion et le fonctionnement de la base de données de

littérature peut être trouvé dans le manuel de l'utilisateur – LITDBUsermanual.

2.2 Sources de données

Dans le cadre du développement de la base de données, quelques données (surtout des poissons) tirées de la documentation détenue par le Musée d'Histoire Naturelle de Londres ont été saisies dans la base de données. Le futur développement de ce travail, c.à.d. l'identification des différents documents et la saisie des données, sera géré depuis Bujumbura. Cette large documentation détenue à Bujumbura fait de cette base de données un principal centre d'intérêt dans la région. Prof. Ntakimazi et l'équipe ESBIO de Bujumbura ont identifié les sources suivantes de données disponibles pour commencer ce travail:

- La bibliothèque de l'INECN à Gitega
- La bibliothèque de la FAO à Bujumbura
- La bibliothèque de la FAO/FINNIDA à Bujumbura
- La bibliothèque du PBLT (ex-CHHRA)

Toutes les personnes travaillant sur l'étude spécialisée de biodiversité ainsi que sur le projet devraient être conscientes de ce travail et orienter les chercheurs intéressés ainsi que les sources de données appropriées à Dr Ntakimazi de l'Université du Burundi.

NB: une deuxième base de données a été développée pour la gestion des données des explorations de ESBIO. Elle est décrite avec plus de détails dans SECTION 8.

2.3 Liens au logiciel de cartographie

Un résultat clé de la base de données sera le traçage des données sur les cartes du lac Tanganyika. L'équipe TI qui a développé la base de données a consulté l'équipe de NRI qui a développé qui sont en train de développer un SIG (Système d'Informations Géographiques) pour le projet. Ceci a fait que cette base de données soit compatible avec les autres outils d'analyse produits dans projet. Lorsque la quantité de données contenues dans la base de données documentaires sera jugée suffisante, la base de données sera liée au SIG pour analyse. A ce moment, l'ESBIO pourra commencer à chercher des réponses aux questions telles que celles posées dans la Section 2.1.

SECTION 3. EVALUATION DE LA BIODIVERSITE

3.1 Approches à l'évaluation de la biodiversité

L'évaluation de la biodiversité est une nouvelle science. Les techniques pour évaluer la biodiversité se développent encore, et il n'y a pas une seule méthode qui soit appropriée à toutes les situations. Nous avons examiné les différentes approches ainsi que leurs bases théoriques et pratiques dans les consultances antérieures dont les rapports se trouvent parmi les documents internes du projet. En développant les méthodes mentionnées ici, nous avons accordé une attention spéciale aux points suivants:

- Les explorations et le suivi devraient être conçus de façon à donner des informations sur la biodiversité qui soient pertinentes aux buts *réalisables* de conservation.
- Les explorations et le suivi devraient s'appuyer sur, et enrichir les connaissances existantes ainsi que l'expérience des institutions régionales.
- Les explorations et le suivi devraient se baser sur une pratique écologique solide – répliquabilité, échantillonnage stratifié au hasard et protocoles standardisés.
- Le niveau des connaissances techniques et taxonomiques nécessaire pour effectuer les programmes d'explorations et de suivi devrait être compatible avec les capacités des institutions des pays riverains impliquées dans les activités des explorations et du suivi. Cette capacité des institutions et des ressources humaines devrait être renforcée par le truchement de la formation et la fourniture de facilités.
- Les techniques des explorations et du suivi devraient être appropriées pour utilisation après la complétion l'actuel projet, avec dépendance minimale du support extérieur (ceci ne veut pas dire que ce support est découragé, mais tout simplement que nous ne souhaitons pas encourager la dépendance).
- Le programme de biodiversité – les explorations, le suivi, le développement de la base de données, la formation – sont conçus de façon à permettre aux institutions locales de mettre en service leurs propres programmes d'explorations et de suivi selon les besoins, conduire leurs propres explorations et produire leurs propres rapports pour supporter la prise de décisions dans la gestion de l'environnement.

3.2 Sélectionner des sous-ensembles de la biodiversité totale

Les inventaires de la biodiversité sont rarement, si jamais, basés sur l'échantillonnage du biota entier. Les explorations des systèmes terrestres tendent à se focaliser sur les types de végétation, ainsi que sur les groupes qui sont bien connus ou facilement identifiables (oiseaux, mammifères, amphibiens). Les explorations de la biodiversité aquatique ont tendu à se focaliser sur la cartographie des habitats, ainsi que sur la faune et la flore visibles (micro-algues, poissons, macro-invertébrés), bien que d'autres groupes aient servi comme indicateurs des menaces particulières: par ex. micro-algues dans le suivi de la pollution.

Les inventaires de la biodiversité sont rarement, si jamais, basés sur l'échantillonnage du biote entier. Les explorations des systèmes terrestres tendent à se focaliser sur les types de végétation, ainsi que sur les groupes qui sont bien connus ou facilement identifiables (oiseaux, mammifères, amphibiens). Les explorations de la biodiversité aquatique ont tendu à se focaliser sur la cartographie des habitats, ainsi que sur la faune et la flore visibles (micro-algues, poissons, macro-invertébrés), bien que d'autres groupes aient servi comme indicateurs des menaces particulières: par ex. micro-algues dans le suivi de la pollution.

Des directives ont été développées pour assister dans le choix de taxa appropriés pour utilisation comme mesures de substitution de la biodiversité totale et comme indicateurs pour les impacts tels que la pollution et la sédimentation. Cependant, le choix de ces RBT et des espèces indicatrices exige un test formel dans le lac Tanganyika avant leur recommandation comme une

base des indicateurs durables de biodiversité et de la santé de l'écosystème dans le futur.

Dans cette section, nous parlerons du choix des substituts de la biodiversité totale. Les critères utilisées pour choisir les taxa à utiliser comme indicateurs des menaces provenant de la pollution, la pêche ou la sédimentation sont discutées dans la Section 4. L'intention est que les utilisateurs de ce document soient conscients de la raison pour laquelle seuls certains taxa sont explorés dans ce projet. Les utilisateurs seront ensuite capables d'estimer quels autres taxa peuvent être utilisés au cours des futures explorations de la biodiversité.

Les caractéristiques que les indicateurs et les substituts de la biodiversité totale devraient idéalement posséder sont indiqués dans le tableau ci-après.

Tableau 3.1 Caractéristiques de potentiels substituts de taxa de la biodiversité totale

<p>Les groupes indicateurs devraient être:</p> <ul style="list-style-type: none">• Taxonomiquement bien connus pour que les populations puissent être identifiées de manière sûre et nommées ;• Biologiquement bien compris• Faciles à explorer (par ex. abondants, non-cryptiques) et à manipuler de façon expérimentale;• Largement distribués à de hauts niveaux taxonomiques (par ex. ordre, famille, genre) à travers une grande gamme géographique et d'habitats;• Diversifiés et inclure beaucoup de taxa spéciaux à de bas niveaux taxonomiques (c.à.d. espèces, sous-espèces) qui seraient sensibles à la modification des habitats;• Représentatifs des modèles de distribution et d'abondance dans les autres taxa apparentés ou non apparentés;• D'importance économique actuelle ou potentielle.

Pour le moment, il a été bien déterminé que le programme de terrain ESBIO au sein du PBLT devrait inclure:

- les explorations du type d'habitat et de la distribution dans la zone littorale et sub-littorale ;
- l'identification de tous les poissons au niveau des espèces;
- l'identification des mollusques au niveau des genres, et des espèces là où c'est possible

Même ces quelques taxa ne remplissent pas la plupart des exigences 'idéales' des organismes sur lesquels il faudrait baser les travaux d'exploration comparatifs. On continue à travailler sur l'amélioration des connaissances de certains des groupes choisis indiqués ci-haut. Par exemple:

- Une clé taxonomique pour les gastéropodes Thiaridés a été préparée (West et Michel, 1999)

Il est important de se rappeler qu'à mesure qu'une connaissance taxonomique et écologique sur des groupes s'accumule, l'évaluation de ce qui constitue un groupe convenable pour analyse de la diversité peut changer. Des groupes supplémentaires peuvent être ajoutés aux explorations, ou des groupes existants peuvent être résolus en niveaux taxonomiques plus bas, au fur et à mesure que les clés d'identification deviennent disponibles.

Le raisonnement général pour le choix d'un sous-ensemble de la diversité totale pour des analyses comparatives rapides reste le même. Les protocoles pour étudier les groupes ci-haut sont décrits dans les chapitres ultérieurs. Les matériels d'identification de terrain sont fournis comme documents séparés.

3.3 Stratégie adoptée pour l'ESBIO

Après avoir choisi les taxa les plus appropriés pour les buts de l'ESBIO et du PBLT, la question suivante est: quel est l'objectif du travail de terrain ? L'ESBIO aborde ses objectifs à travers deux

programmes de terrain comme suit:

- Explorations de la biodiversité et des habitats à partir des zones adjacentes aux parcs nationaux existants pour permettre la comparaison *entre zones* (le programme des EXPLORATIONS).
- Suivi des modifications de la biodiversité à *une place pendant un certain temps* en partenariat avec les études se basant sur les impacts (le programme de SUIVI).

Un **programme d'explorations** décrira les zones qui ne sont pas bien connues et qui ont un intérêt pour la conservation pour les concepteurs du programme d'action stratégique. Les secteurs prioritaires pour ce programme d'explorations sont les zones aquatiques adjacentes aux parcs nationaux terrestres existants (Gombe, Mahale, Ruzizi, Nsumbu). Il était dans l'intention de l'ESBIO d'échantillonner un site supplémentaire en RD Congo avec l'objectif de le recommander pour être classé comme aire protégée, mais ceci n'a pas été possible à cause de la détérioration de la situation sécuritaire. Les aptitudes et les expériences des équipes ESBIO dans l'exploration de sites et la fourniture des informations constitueront une ressource importante pour la planification et la gestion de la biodiversité du lac. Par exemple, si un site est considéré pour bénéficier d'un statut de zone protégée, les équipes peuvent mener une évaluation de la biodiversité aquatique en utilisant des procédures standardisées. Donc toutes les données des futures explorations seront directement comparables aux explorations antérieures des autres sites du lac effectuées au cours de l'actuel projet.

Un **programme de suivi** à plus long terme fournira des données régulières concernant une série de sites choisis pour leurs caractéristiques spéciales. Par exemple, les sites peuvent être affectés par la pollution, la sédimentation ou les pratiques de pêche, ou bien un site peut avoir un habitat unique ou une biodiversité exceptionnelle. Le programme de suivi demande des contributions des autres études spécialisées se basant sur les impacts pour aider à identifier les sites, les espèces appropriées pour le suivi, la collecte des données environnementales associée, etc. L'ampleur du programme de suivi après le projet GEF actuel dépendra de la demande des concepteurs du programme d'action stratégique et des ressources nationales.

A partir de la discussion sur les sous-ensembles de la biodiversité dans la Section 3.2, le diagramme suivant illustre comment les RBT et les espèces indicatrices seront utilisées dans les programmes ESBIO des explorations et du suivi. Le programme de suivi extraira un sous-ensemble des RBT identifiés pour le programme des explorations (taxa avec des protocoles identifiés et clés d'identification avec lesquelles les équipes de terrain sont familières) à utiliser comme espèces pour le suivi. En plus, on espère que dans le futur, d'autres taxa seront choisis comme indicateurs biotiques pour le suivi à des sites conjoints avec les autres études spécialisées du PBLT se basant sur les impacts.

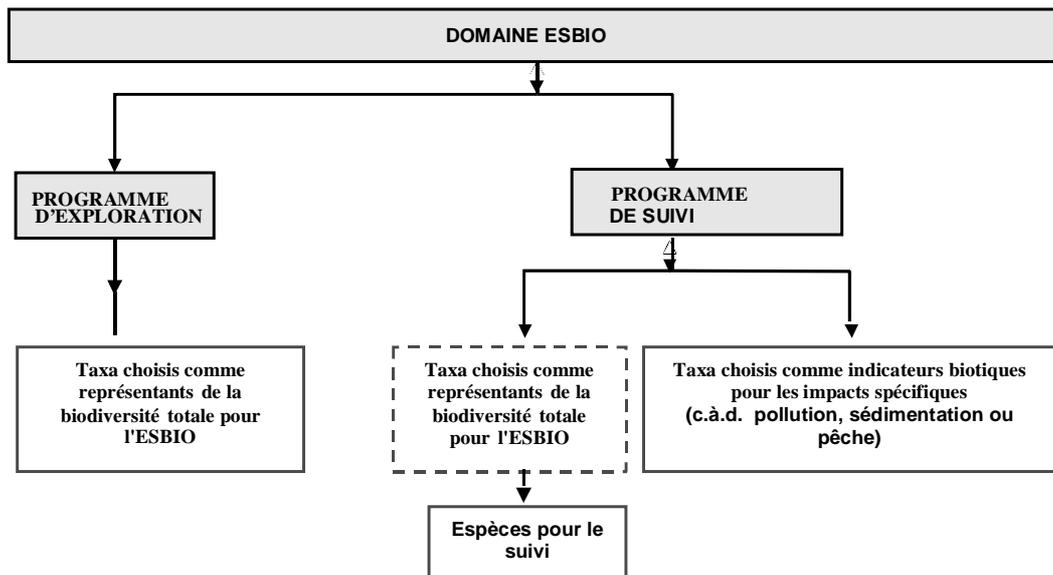


Figure 3.1 Illustration de la façon dont les programmes d'exploration et de suivi utiliseront les RBT et les espèces indicatrices (N'y aurait-il pas plus de sens à ce que les boîtes en pointillés aient des flèches inverses)

Beaucoup de **méthodes d'échantillonnage** seront communs au programme d'exploration et à celui du suivi. Dans le cadre de la stratégie ESBIO, les techniques d'échantillonnage ont été développées et testées comme une partie intégrante du programme des explorations. Donc des tests d'exploration des habitats et d'inventaire des poissons et des mollusques ont été effectués de bonne heure à Gombe dans le cadre d'un exercice de formation (septembre 1997). Les équipes ont continué à tester et affiner les protocoles d'échantillonnage au Parc National de la Rusizi et en Zambie (en 1998) et au cours de l'exploration du Parc national de Mahale en mars/avril 1999. Le programme de suivi a été raffiné dans la dernière moitié de 1999.

3.4 Structure des explorations ESBIO dans les domaines de conservation existants et potentiels au lac Tanganyika.

La conception des explorations doit être adaptée aux circonstances individuelles. Le nombre exact des événements d'échantillonnage et leur distribution spatiale sera déterminé par la variabilité observée des types d'habitats, le nombre du personnel de l'équipe d'exploration, l'équipement disponible ainsi que les autres considérations logistiques. Cette section fournit le modèle de base pour le protocole des explorations. Ceux-ci devraient être respectés partout où possible, mais l'adaptation aux circonstances doit également être envisagé.

La première décision à faire est de déterminer si une zone est convenable pour la plongée – la sécurité est d'importance capitale et devrait être toujours examinée avec beaucoup d'attention au cours d'une expédition. Si la présence de crocodiles ou d'hippopotames dans l'eau rend la plongée dangereuse, les techniques non-scubas devraient être employées. De même, si la visibilité dans l'eau est très faible ou le gradient très raide, rendant l'eau trop profonde pour plonger en toute sécurité, l'exploration devrait être effectuée à partir d'un bateau. Aucune zone de plongée ne sera retenue dans le delta de la Malagarasi, le Delta de la Rusizi ainsi que la Baie de Nsumbu.

Là où les conditions auront été évaluées et où la plongée aura été jugée possible, la première

étape est de dresser à grand traits une carte à échelle à partir de laquelle on pourra choisir les sites à explorer de manière plus détaillée. Ces explorations plus détaillées consisteront en activités ci-après, qui seront effectuées par SCUBA /plongée avec masque et tuba: profils des habitats suivis par une série de techniques d'explorations des poissons et des mollusques. Les filets maillant sont également posés pour la nuit afin de compléter les listes des espèces produites à partir des inventaires visuels effectués pendant le jour. On prévoit qu'à mesure que les capacités augmenteront dans la région, la gamme des techniques d'exploration pourra être s'élargir pour inclure d'autres groupes taxonomiques.

Les techniques SCUBA et celles qui emploient le bateau avec leurs principaux résultats sont résumées dans Tableau 3.2. Les protocoles détaillés pour chaque activité sont données dans les sections ultérieures.

Un autre type d'inventaire des poissons qui peut aussi être utilisé pour compléter inventaire à filet maillant et l'inventaire visuel en position est l'inventaire complet des espèces. Celui-ci peut fournir les données sur la richesse spécifique des poissons pour une coupe transversale de 2m x 25 m, associée à la coupe transversale du profil des habitats. Cette technique, une modification des autres techniques d'exploration des poissons, fournirait seulement des données présence/absence et est stratifiée par la profondeur. Cependant, elle n'a pas été incluse dans le programme des explorations de l'ESBIO.

Tableau 3.2 Résumé des techniques d'exploration et leur résultat

	CIBLE	TECHNIQUE	RESULTAT
Préliminaire	Planifier l'expédition	Rassembler et évaluer des cartes topographiques à grande échelle	Délimiter la zone d'exploration
PLONGEE NON DANGEREUSE: LES TECHNIQUES SCUBA PEUVENT ETRE UTILISEES	Habitat	Exploration avec planche Manta	Cartes de la topographie de la côte, forme de la terre et occupation du sol, et zone littorale (sub- et supra-) habitats jusqu'à la profondeur maximum de 10 m
		Profils des habitats: SCUBA	Carte des habitats à petite échelle (bande de 15m x 5m pour chaque profil)
	Espèces	Inventaire des mollusques: SCUBA ensuite nage avec tuba en eau peu profonde	Données sur les espèces de mollusques ou la richesse des genres pour les profondeurs de 15, 10, 5 & 0 m
		Inventaire visuel stationnaire pour les poissons: SCUBA	Fish species richness, abundance and diversity index data in 10 m diameter cylinders at 15, 10, 5 & 0 m
		Inventaire visuel rapide: SCUBA ensuite nage avec tuba en eau peu profonde	Données sur la richesse spécifique des poissons pour des coupes transversales de 15 minutes à chacune des quatre profondeurs (15, 10, 5, 0). Susceptibles d'inclure des espèces inégalement distribuées et se méfiant des plongeurs qui ont été ratées par l'inventaire visuel en position, car elles couvrent un plus grand secteur. Pas d'enregistrement de données sur l'abondance, mais la rareté relative peut être calculée
		Série de filets maillants multi-maillants posés avant le crépuscule (17h00) et retirés avant l'aube (8h00)	Richesse spécifique des poissons, abondance relative et diversité, pour compléter les données de l'inventaire visuel
PLONGEE DANGEREUSE: NE PAS ENTRER DANS L'EAU	Habitat	Manta avec cage anti-crocodile	Cartes de la topographie de la côte, forme de la terre et occupation du sol, et zone littorale (sub- et supra-) habitats jusqu'à une profondeur maximum de 10m
		Benne preneuse et échosondeur	Exploration de substrats doux (sable et vase) Pas possible sur substrats durs
	Espèces	Dragage des mollusques	Remplace l'exploration des mollusques, sur substrat doux seulement. Pas possible sur substrats durs
		Filets maillants	Jour et nuit (comme ci-haut) remplace l'inventaire visuel stationnaire.

3.4.1 Calendrier indicatif de l'exploration

Franchement, la quantité de travail qui peut être réalisée par une équipe de suivi dépend de la capacité des plongeurs, (càd. la formation, les aptitudes et les ressources), du climat ainsi que d'autres contraintes logistiques. Cependant, dans l'intérêt de la planification, il est utile d'avoir une indication de la quantité de suivi qui a été effectuée et avec quelles ressources dans le passé. Les expériences des expéditions antérieures ont démontré que l'équipe de ESBIO pouvait réaliser le calendrier suivant.

Idéalement, le travail d'exploration Manta est terminé avant le travail de plongée et de nage avec tuba, pour que les données initiales sur les habitats soient disponibles comme une base pour choisir les sites à profiler et surveiller. Avec une équipe de 5/6 personnes, il a été possible de couvrir 15km de côte par jour. Suivant la sélection des sites de plongée à partir des résultats de l'exploration Manta (voir section 4.3.1 pour une description du choix de la méthode), une équipe de 6 plongeurs peut réaliser le programme suivant à un site par jour. Explorations par séquence: plongée de profil, exploration des mollusques, inventaire visuel en position, inventaire visuel rapide (ainsi que nage avec tuba), pose de filets maillant (le soir) et levée (le matin suivant).

Using the Mahale expedition as a worked example: trois équipes de six plongeurs ont terminé l'exploration manta de la côte de 60 km juste en 3 jours (si tous les membres des équipes avaient été bien expérimentés dans la technique à cet époque, la tâche aurait pu être terminée en un jour et demi). Comme le temps d'expédition constituait la principale contrainte, le nombre de sites sélectionnés pour exploration détaillée a été fixé à 27. Trois équipes de six personnes ont réalisé ce travail en neuf jours de plongée augmentés de cinq autres jours nécessaires pour la logistique et la préparation. Donc l'expédition entière a utilisé 18 plongeurs et 17 jours. Néanmoins, la présence de plongeurs supplémentaires est désirable en cas de maladies ou de blessures parmi les plongeurs et ainsi des tâches administratives et logistiques (comme le remplissage des bouteilles) peut être effectués en même temps que le travail d'exploration.

3.4.2 Logistique pour l'exploration

Chaque exploration devrait avoir un 'Scientifique responsable' nommé pour:

- Sélectionner et briefer l'équipe d'exploration
- Surveiller le travail d'exploration
- Sélectionner les sites à profiler
- Allouer les tâches aux membres de l'équipe
- S'assurer que les données sont correctement enregistrées et transférées sur les formulaires des données
- S'assurer que les formulaires des données sont transcrites dans la base de données des explorations
- Analyser les données des explorations et produire les rapports des explorations

Chaque équipe devrait avoir un responsable de logistique nommé pour chaque exploration, qui aura la responsabilité des aspects suivants:

- Budget de l'exploration
- Respect des procédures sanitaires et sécuritaires appropriées
- Arrangement du transport vers le secteur de l'exploration
- Achat du carburant et des provisions
- Recherche de logement et les arrangements pour la cuisine
- Vérification de tout le matériel de plongée
- Emballage de tout le matériel, la vérification à l'aide de la liste
- Programmation du remplissage des bouteilles d'oxygène pour plongée SCUBA
- Transport et le stockage des échantillons vers les laboratoires
- Signalement de la perte de tout matériel, de toute cassure et de tout défaut

3.4.3 Gestion des données

3.4.3.1 Formulaires de terrain

La plupart des données sont d'abord enregistrées sur les carnets utilisables sous l'eau, plutôt que sur des formulaires préparés pour chaque technique. Par conséquent, les données doivent être transcrites sur ces formulaires à la fin de chaque journée. Le scientifique en charge a la responsabilité de gérer ces formulaires, vérifier s'ils sont remplis correctement chaque soir et les conserver soigneusement pour future saisie dans la base de données après l'expédition. L'éventail des activités d'exploration est résumé sur le formulaire de saisie (Section 13.1). Le formulaire de saisie devrait être utilisé comme un outil de planification, et le scientifique en charge devrait allouer un numéro d'échantillon et d'événement aux activités d'exploration prévues ce jour. Les plongeurs devraient commencer chaque plongée après avoir noté le numéro approprié d'exploration, d'échantillon et d'événement alloué à leur technique. Celui-ci sera transcrit le formulaire approprié avec les données provenant des carnets de note utilisables sous l'eau des plongeurs.

Le Tableau 3.3 donne la liste des formulaires pour les données de chaque technique d'exploration et leur modèle de fichier correspondant enregistré comme un tableur Excel.

Tableau 3.3 Survey technique field data forms and templates

Activité	Formulaires	Fichiers modèles	Section
Formulaire de terrain	Fieldlog sheet	Fieldlog.xls	13.1
Exploration Manta	Manta form 1/3	Manta1.xls	13.2
	Manta form 2/3	Manta2.xls	13.3
	Manta form 3/3	Manta3.xls	13.4
Profil d'habitat (plongée)	Dive Profile 1/1	Profile.xls	13.5
Profil d'habitat (Benne)	Habitat Grab 1/1	Grabhab.xls	13.6
Inventaire visuel stationnaire	Stationary Visual Census 1/1	SVC.xls	13.7
Inventaire visuel rapide	Rapid Visual Census 1/1	RVC.xls	13.8
Inventaires avec Filets maillants	Gillnet Set 1/1	Gillnet.xls	13.9
Exploration de mollusques par transect	Mollusc Transect 1/1	Molldive.xls	13.10

Le scientifique responsable devrait s'assurer que des exemplaires suffisants de chaque formulaire ont été pris à chaque exploration !

3.4.3.2 Coordonnées GPS

Les coordonnées GPS peuvent seulement être entrées dans la base de données de ES BIO comme des degrés décimaux. Vérifiez le type d'affichage que donne votre GPS, et si nécessaire convertissez les secondes et minutes en degrés décimaux en utilisant la Table 3.4 en dessous. Rappelez-vous de diviser les minutes et les secondes séparément, et après ajoutez l'un à l'autre de façon suivante. L'expérience a montré qu'il est plus efficace de convertir les coordonnées au fur et à mesure que les données sont transcrits sur le formulaire de terrain immédiatement après la plongée que quand de grandes quantités de données sont enregistrées dans la base de données.

par ex. 3° 33' 39" serait 3.561 comme calculé en bas, et c'est le chiffre que vous saisissez dans la base de données:-

calcul	résultat
3	3.000
33/60	+ 0.550
39/3600	+ 0.011
	= 3.561

Tableau 3.4 Conversion de minutes et secondes en décimales

GPS Affichage	Minutes en décimales	Secondes
0	0.000	0.000
1	0.017	0.000
2	0.033	0.001
3	0.050	0.001
4	0.067	0.001
5	0.083	0.001
6	0.100	0.002
7	0.117	0.002
8	0.133	0.002
9	0.150	0.003
10	0.167	0.003
11	0.183	0.003
12	0.200	0.003
13	0.217	0.004
14	0.233	0.004
15	0.250	0.004
16	0.267	0.004
17	0.283	0.005
18	0.300	0.005
19	0.317	0.005
20	0.333	0.006
21	0.350	0.006
22	0.367	0.006
23	0.383	0.006
24	0.400	0.007
25	0.417	0.007
26	0.433	0.007
27	0.450	0.008
28	0.467	0.008
29	0.483	0.008

GPS Affichage	Minutes en décimales	Secondes
30	0.500	0.008
31	0.517	0.009
32	0.533	0.009
33	0.550	0.009
34	0.567	0.009
35	0.583	0.010
36	0.600	0.010
37	0.617	0.010
38	0.633	0.011
39	0.650	0.011
40	0.667	0.011
41	0.683	0.011
42	0.700	0.012
43	0.717	0.012
44	0.733	0.012
45	0.750	0.013
46	0.767	0.013
47	0.783	0.013
48	0.800	0.013
49	0.817	0.014
50	0.833	0.014
51	0.850	0.014
52	0.867	0.014
53	0.883	0.015
54	0.900	0.015
55	0.917	0.015
56	0.933	0.016
57	0.950	0.016
58	0.967	0.016
59	0.983	0.016

SECTION 4. EXPLORATION DES SITES & CARTOGRAPHIE DES HABITATS

Qu'est-ce qu'un habitat?

Du point de vue purement écologique, un 'habitat' peut être simplement défini comme un endroit où les plantes et les animaux vivent. Dans la plupart des cas, cela signifie l'endroit du lit lacustre où ils peuvent être trouvés. Les exemples de type d'habitat sont le sable et la roche mère. Certaines plantes ou certains animaux peuvent également offrir des habitats. Par exemple, les lits de roseaux sont des habitats. On peut trouver des animaux et des plantes vivant sur ou autour des roseaux. Un habitat peut aussi comprendre de très petits aspects, tels que des cassures et des crevasses dans les roches.

Comment avons-nous défini le terme 'Habitat'?

Nous utilisons le mot 'habitat' dans ce guide pour signifier les endroits où vivent les animaux et les plantes. Nous définissons aussi les habitats en termes d'ECHELLE. Un habitat est typiquement défini en termes d'un endroit ayant un rayon de 5-10 m, qui se rapporte à l'échelle à laquelle un plongeur ou un nageur sous l'eau perçoit le lac. Les secteurs d'habitats peuvent, bien entendu, être soit plus grands, soit plus petits que ceci

L'ensemble du paysage lacustre est défini en termes de TOPOGRAPHIE. L'échelle topographique comprend par exemple: les profils des lits lacustres, la zone littorale, les zones des plateaux, ainsi que les embouchures. Le projet vise à fournir des 'cartes d'habitats', où la localisation et l'ampleur des différents types d'habitat sont identifiés *dans* les explorations de plus amples aspects topographiques, tels que la côte rocheuse du Burundi, la péninsule d'Ubwari, la plage de Gombe, la baie de Nsumbu ainsi que le delta de la Ruzizi.

4.1 Exploration des sites

Avant de commencer les explorations, il est vital de connaître les secteurs qui sont explorés. La première étape pour planifier et effectuer une exploration est de rassembler les informations existantes. L'évaluation d'un site avant de décider sur un plan d'exploration est menée par le biais du processus suivant:

4.1.1 Obtenir des cartes de la zone.

Celles-ci peuvent inclure les cartes du relief, les diagrammes bathymétriques, les cartes de la végétation terrestre, les cartes géologiques, les cartes politiques, les photographies aériennes, les images de télédétection ainsi que les systèmes SIG à plusieurs couches.

Vous pouvez utiliser les informations tirées des cartes pour trouver par exemple:

- L'emplacement des limites des parcs nationaux ;
- la localisation des systèmes des rivières constituant les principaux affluents ;
- l'occupation des sols dans le sous-bassin adjacent au secteur lacustre d'intérêt ; ou ,
- les principaux centres de peuplement dans le secteur exploré.

Ceci vous aidera à planifier votre exploration pour prendre en compte les considérations tant logistiques que scientifiques telles que:

- la distribution éventuelle des principales catégories d'habitats (côte rocheuse, deltas de rivières, plages sablonneuses);
- les zones susceptibles de recevoir une perturbation humaine minimale ; et,
- le choix d'un emplacement pour une base d'exploration..

4.1.2 Examiner la base de données documentaires pour les travaux antérieurs d'exploration de la biodiversité dans le secteur

La base de données documentaires, décrite dans la Section 2, contient les enregistrements des explorations antérieures du biote du lac Tanganyika. Vous pouvez taper un nom de secteur (par ex. 'Gombe') pour localiser tout le biote enregistré dans cette localité, et retrouver la documentation dans laquelle ces travaux sont enregistrés. Ceci vous donnera un résumé des travaux antérieurs d'exploration et des taxa connus dans le secteur. Vous pourriez utiliser ceci comme une base pour décider de ré-explorer des sites antérieurement étudiés, ou comparer vos résultats d'exploration avec les travaux antérieurs.

4.1.3 Examiner les plans et activités des autres études spécialisées du PBLT

Avant de planifier et effectuer une exploration du secteur que vous avez choisi, vous devriez examiner les informations rassemblées sur ce secteur par les autres études spécialisées dans leurs études de référence ainsi que les études et documents techniques ultérieurs. Ceux-ci peuvent comprendre ce qui suit:

- sources éventuelles de pollution telles que villages, industries, activités minières, pesticides sur les récoltes;
- sources éventuelles d'apport de sédiments des terres dégradées, collines raides déboisées, importants systèmes des rivières ; ou
- secteurs abondamment pêchés.

En général, ils contribuent à l'identification des sites 'non affectés' et des sites 'affectés'. Ceci est également une importante considération pour le programme de suivi (voir SECTION 9).

4.2 Dessin à grands traits de la topographie et des habitats côtiers et sous - lacustres

Après avoir examiné les caractéristiques d'un secteur à partir des cartes existantes et choisi les limites de l'exploration, la tâche suivante consiste à effectuer une exploration des principaux aspects des habitats et de l'écologie du secteur sélectionné. Le sonar 'side-scan' à balayage latéral constitue une méthode de cartographie, mais il exige un matériel spécialisé. Le résultat est une carte bathymétrique avec classification du substrat en roche et sédiments de différentes catégories. Les tests utilisant cette méthode dans le cadre de l'étude spécialisée de la sédimentation se sont avérés problématiques. Par conséquent, le projet conseille l'utilisation de la planche Manta pour les explorations de biodiversité et les programmes de suivi.

4.2.1 Exploration à la planche manta

La méthode standard de dresser un plan du secteur sublittoral peu profond ainsi que la topographie côtière est la planche manta. La procédure pour effectuer une exploration à la planche manta est la suivante:

4.2.1.1 Equipement et personnel requis

Bateau gonflable ou autre petit bateau

Moteur hors-bord (15-45 HP) + suffisamment de carburant

Matériel de sécurité (pagaies, écope, compensateurs de flottabilité)

GPS

Montre imperméable munie de chronomètre

Planche manta avec corde de remorquage et ardoise (voir)

Matériel de nage au masque et tuba (masques, tuba, palmes, combinaison isothermique)

Ecritoires à pince et formulaires

Sac en plastique ou classeur pour conserver les formulaires

Crayons fins + taille-crayons/canif

4 - 5 membres d'équipe d'exploration (tous devraient porter les combinaisons isothermiques, comme les tâches seront faites à tour de rôle)

Rappels importants

- ! Vérifiez que le GPS affiche les degrés décimaux, minutes et secondes. Notez ceci sur tous les formulaires des données. Vérifiez aussi les batteries du GPS ainsi que celles de rechange avant le départ.

- ! Assurez-vous qu'une copie du formulaire d'enregistrement des habitats est transcrite sur l'ardoise manta avant le début de l'exploration, et que les données sont transcrites sur les formulaires et ensuite effacées après chaque exploration.

- ! Assurez-vous qu'un nombre suffisant de copies de tous les formulaires est préparé, y compris une carte photocopiée de la zone à explorer.

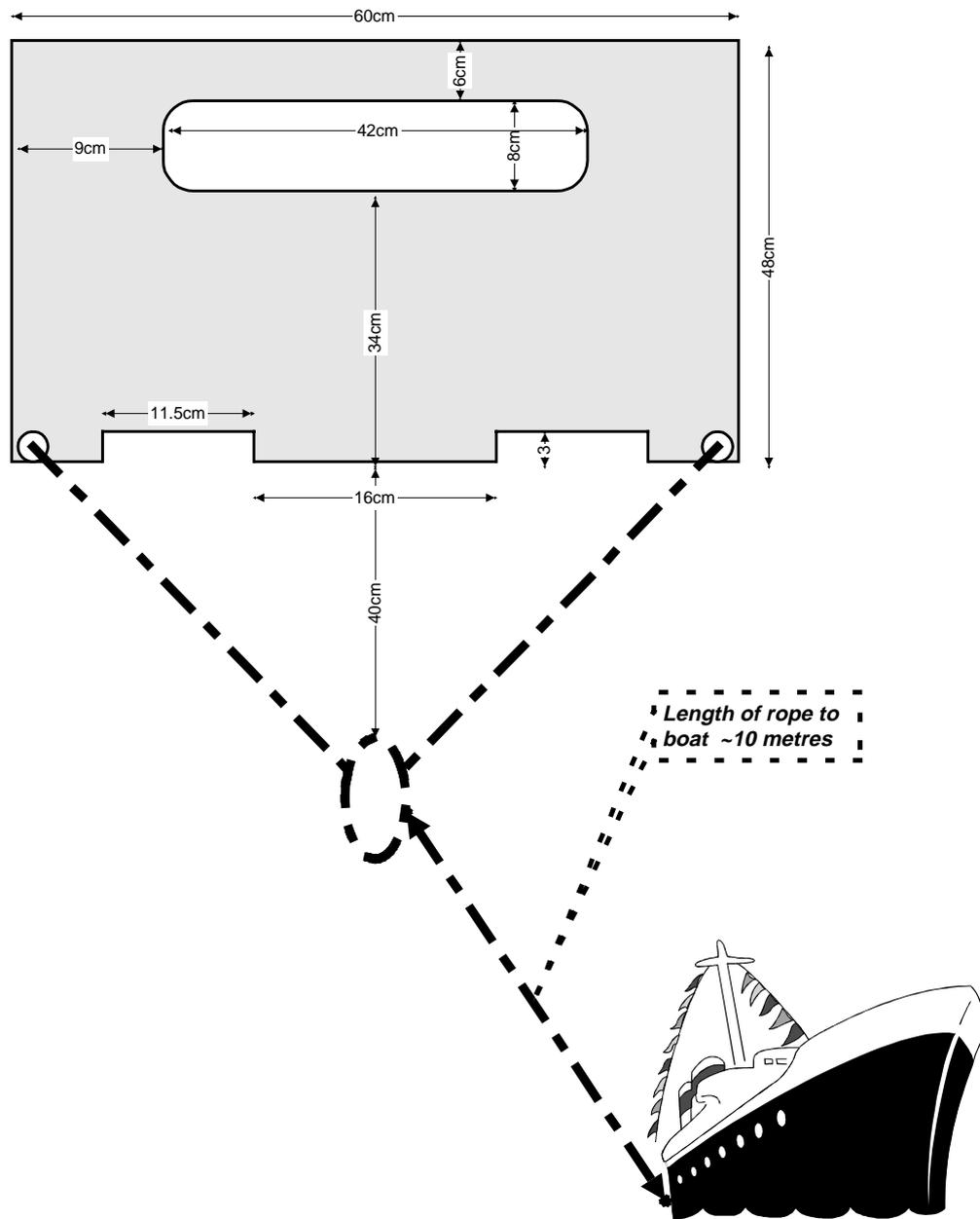


Figure 4.1 Plan de la fabrication d'une planche Manta en bois, y compris les dimensions

4.2.1.2 Procédure d'exploration manta

Le remorquage à l'aide d'un masque et tuba de surface remorqués derrière un petit bateau. Elle est relativement peu chère et facile à effectuer, rapide (15 km par jour sont possibles) et donne suffisamment d'informations sur les distributions des habitats importants dans les profondeurs de 3-10 m (selon la clarté de l'eau) afin de créer les cartes des habitats et identifier les emplacements pour une étude plus détaillée.

La procédure du remorquage manta telle que mise en œuvre par le PBLT se présente comme

suit:

Etape 1 Une équipe de cinq personnes, toutes portant des combinaisons isothermiques, monte dans un bateau gonflable en emportant le matériel listé en haut, et attachent la planche manta à la traverse du bateau au moyen d'une corde de 10 m de longueur. Commencez dans l'eau au point le plus profond où vous avez une meilleure visibilité (3m - 10m) adjacent à un repère ou un aspect de la côte remarquable (pour que vous soyez certain de l'endroit où vous êtes sur la carte).

Cinq tâches doivent être effectuées comme indiqué ci-après. Notez que si l'équipe est composée de quatre personnes seulement, alors une personne peut soit faire la tâche ii) et iii) ou iii) et iv). A intervalles réguliers (18 minutes ont été trouvées plus convenables), l'équipe change de tour de rôle, surtout afin de donner une pause à celui qui enregistre les habitats sous-lacustres, mais aussi pour s'assurer que tous les membres sont impliqués et sont compétents dans toutes les tâches.

i) Conducteur du bateau. La vitesse à maintenir devrait être approximativement constante, bien que différents opérateurs seront capables de tolérer différentes vitesses. En pratique, celle-ci sera approx. 3-5 km/h

ii) Inscripteur de la position. Il a une ardoise et un formulaire Manta 3/3 (avec carte photocopiée), plus un GPS. Il a la responsabilité de noter les positions GPS à 3 minutes d'intervalle et de marquer sur la carte la position après chaque période de 3 minutes. Les positions GPS et les marques sur la carte sont vérifiées plus tard. Cette lecture conventionnelle de carte en plus de l'utilisation des positions GPS signifie que l'exploration Manta peut continuer même si le GPS est en défaut.

iii) Enregistreur du temps. Notifie au conducteur du bateau chaque fin d'intervalle de 3 minutes. Surveille aussi l'observateur des habitats sous-lacustres pour les signaux d'arrêt, d'accélération ou de ralentissement. (Rappelez-vous de vous convenir sur ces signaux à l'avance).

iv) Observateur du côte. Utilise le formulaire Manta 2/3 pour noter les principales caractéristiques du côte et de la zone côtière (par ex. type de végétation côtière, occupation du sol, relief, caractéristiques du côte au-dessus de l'eau).

v) Observateur des habitats sous-lacustres. Observe les habitats sous-lacustres tout en étant remorqué sur la Planche Manta. A 3 minutes d'intervalle, il s'arrête et note les caractéristiques des habitats sur le formulaire Manta1/3.

Note: tous ceux qui se trouvent dans le bateau devraient surveiller les dangers dans l'eau tels que les rochers submergés et les animaux dangereux, c.à.d. crocodiles ou hippos.

Etape 2 Une fois que les rôles ont été alloués, notez la position de départ et mettez le chronomètre à zéro. Dirigez le bateau parallèlement à la côte, en prenant soin de vous assurer que le bateau reste sur une profondeur de 5-10 m d'eau. Là où la pente du fonds du lac est douce et le substrat encore visible à une distance vers le large, l'équipe devrait garder constamment une distance de 50m de la côte. Après trois minutes, le chronométrateur demande au conducteur de s'arrêter, et arrête lui-même son chronomètre. Le conducteur du bateau devrait mettre son moteur dans la position neutre. L'enregistreur de la position inscrit les coordonnées GPS. L'observateur du côte fait le résumé des aspects de la côte et du paysage observés au cours des 3 dernières minutes sur le formulaire Manta 2/3.

A l'aide de l'ardoise attachée au formulaire manta, l'observateur des habitats sous-

lacustres note la composition des habitats et des principales caractéristiques des habitats sous-littoraux observés durant les 3 dernières minutes.

Etape 3 Au signal de l'observateur des habitats sous-lacustres qu'il a terminé l'observation, le bateau redémarre, et l'exploration est répétée pendant trois autres minutes. Les méthodes d'observation et d'inscription détaillées ci-haut sont répétées à trois minutes d'intervalle jusqu'à ce qu'il soit temps de changer d'inscripteurs (18 minutes). A part la répétition de changement du personnel, la méthode reste la même jusqu'à ce que les objectifs de l'exploration de ce jour soient achevés.

Etape 4 Une fois que le formulaire de l'ardoise manta a été complété, il est transcrit sur papier. Ces formulaires en papier sont entrés dans la base de données des explorations (Figure 4.2) une fois de retour au laboratoire ou au centre de recherche.

Ces données peuvent être utilisées pour fournir des cartes des principales catégories d'habitats, ainsi que pour une analyse plus détaillée du type et de la qualité des habitats. Elles permettent aussi la cartographie des habitats à une échelle plus fine avant de conduire des explorations sous-lacustres de la diversité ou de la richesse spécifique du biota.

4.2.1.3 Procédure d'exploration des habitats esquissés à grands traits dans les zones où il y a une menace des crocodiles ou des hippos

Dans les zones où il y a un risque de rencontrer des crocodiles ou des hippos, une procédure modifiée devrait être employée. En général, la technique reste la même que pour la planche manta, avec l'exception que l'observateur des habitats n'entre pas dans l'eau mais reste dans le bateau et observe le substrat à travers une "cage à crocodiles". Celle-ci est une caisse en bois dont une extrémité est ouverte et une autre couverte de Plexiglas. La caisse est attachée sur le côté du bateau, l'extrémité du Plexiglas se trouvant juste en dessous de la surface de l'eau. L'observateur sous-lacustre se positionne au-dessus de l'extrémité ouverte et observe le substrat en bas. La visibilité est améliorée si la lumière est empêchée d'entrer dans l'extrémité ouverte par un voile qui est placé au-dessus de la tête et des épaules de l'observateur.

Alors que cette méthode est moins efficace que la planche Manta à cause des restrictions du champ de vision, elle assure la sécurité de l'observateur et permet ainsi la cartographie des habitats dans des endroits où il aurait été plutôt impossible de le faire en toute sécurité. On a trouvé que la conception rectangulaire initiale de la "cage à crocodile" freinait considérablement le bateau aux vitesses de plus 3 km/h. Il est par conséquent suggéré que les futures versions aient une extrémité ronde ou pointue pour réduire l'effet de freinage.

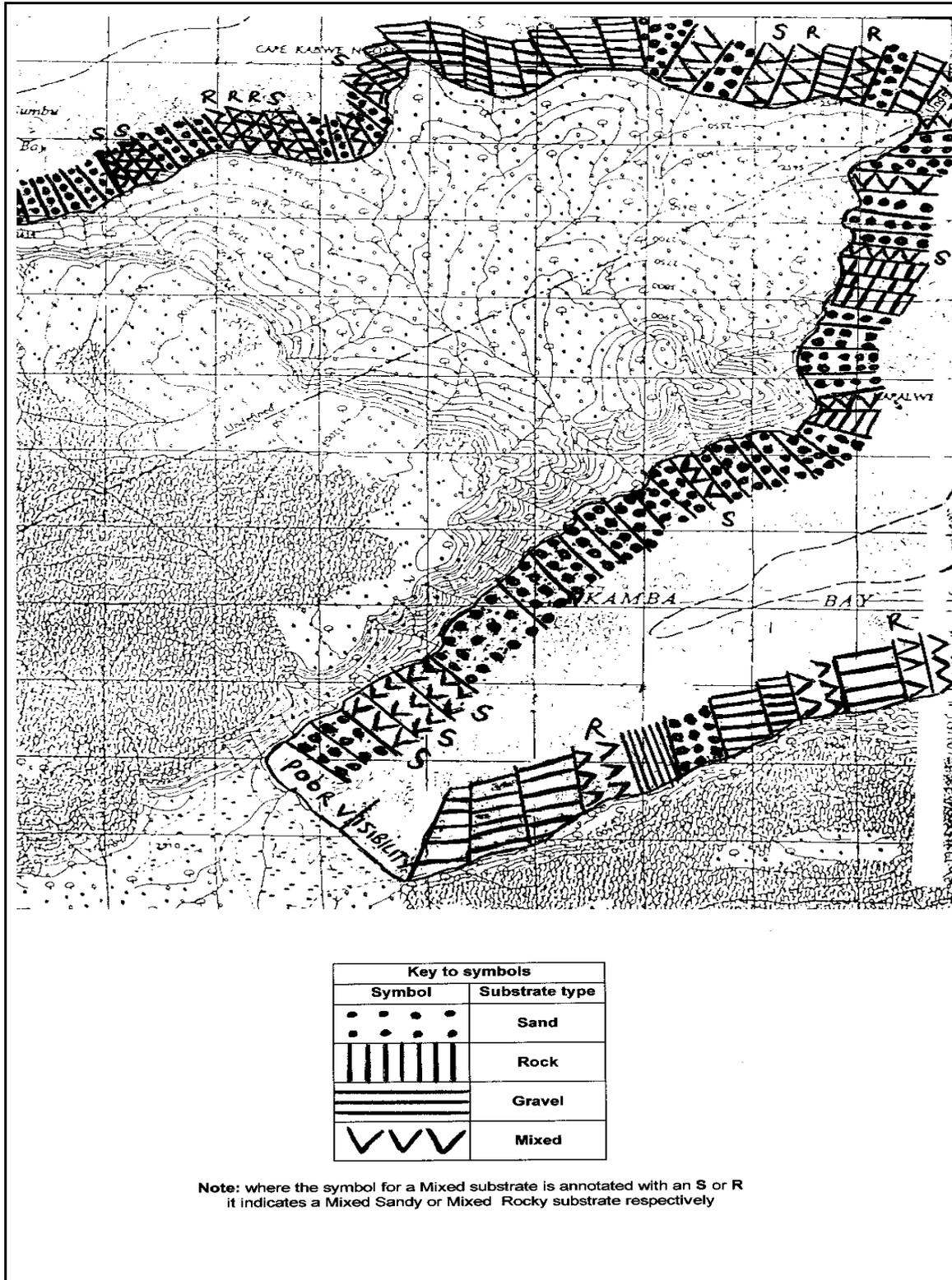


Figure 4.2 Données de l'exploration Manta présentées sur une carte du Parc National de Nsumbu en Zambie

4.2.2 Classification des types de substrats

Sur le formulaire Manta 1/3, les pourcentages de chaque habitat observé pendant une période donnée de 3 minutes sont notés en utilisant les types de substrats suivants: roche mère, roc, gravier, sable, lit de coquilles, stromatolites. Pour les besoins de la cartographie des habitats, la méthode suivante est appliquée afin de donner une classification générale des substrats toutes les 3 minutes.

- Si un des types de substrats ci-haut comprend $\geq 75\%$ de l'habitat alors il est classifié par ce type, par ex. $>75\%$ de roche mère/roc = "rocheux".
- Si un type de substrat comprend $<75\%$ mais $\geq 50\%$ alors la classification serait "mixte sableux/rocheux/graveleux etc" selon lequel des types de substrat est dominant, par ex. $<75\%$ mais $\geq 50\%$ Sable = "Mixte Sablonneux".
- Si tous les types de substrats comprennent $\leq 50\%$ du total alors ils sont classifiés comme "Mixtes".

Note: Pour les besoins de cette classification, les substrats de roc et de roche mère sont tous catégorisés comme rocheux.

4.3 Cartographie des habitats sous lacustres à une échelle plus fine

La cartographie de profil en plongée est l'échelle la plus fine de cartographie des habitats utilisée, et implique le fait de mener un profil de l'habitat littoral, à partir d'une profondeur de 15 à 0 m. Le profil d'habitat sert à trois fonctions:

- il vérifie l'observation d'habitat à échelle grossière utilisant la planche manta;
- il prolonge la profondeur de l'observation d'habitat au-delà de la profondeur de l'observation par planche manta, et fournit un profil de profondeur/habitat pour la zone sub-littorale ; et,
- il procure une observation d'habitat à la même échelle spatiale que les observations du biote réalisées dans les explorations de biodiversité, pour que la richesse spécifique et/ou la diversité des espèces puisse être liée au type d'habitat. Il peut également être utilisé pour s'assurer que les comparaisons inter-site sont seulement effectuées entre habitats similaires, de ce fait comptant pour une source majeure de différence parmi les communautés biotiques.

4.3.1 Choix des emplacements pour exploration des sites

Ceci est fait sur base de la cartographie des habitats. Tous les types d'habitats qui sont disponibles au sein de la zone explorée par Manta devraient être représentés dans le programme des profils, et le nombre d'échantillons être pesé en rapport avec l'importance relative de chaque substrat présent le long de la côte. Fondamentalement, ceci signifie que si vous avez deux fois plus d'habitats rocheux que sablonneux, vous aurez deux fois plus de plongées de profil sur les zones rocheuses que sur des zones sablonneuses.

Un exemple de la façon dont vous pourriez faire ceci est donné dans le tableau 4.1 ci-dessous. Dans ce cas, la première colonne montre les proportions relatives des types d'habitats présents dans une bande de 50km de côte telles qu'enregistrées par l'exploration Manta. En supposant que les moyens logistiques limitent l'équipe à 25 plongées de profil, la deuxième colonne indique comment vous pourriez distribuer votre effort de profilage parmi les types d'habitats. Le nombre de profils est estimé à peu près comme suit: le sable représente un cinquième (10/50) de la côte totale, donc vous devriez faire un cinquième de vos 25 plongées dans les habitats sablonneux, c.à.d. 5.

Tableau 4.1 Exemple d'une possible distribution de sites d'échantillonnage entre types d'habitats

Type d'habitat et longueur de littoral	Nombres de sites
10 km sablonneux	5
5 km gravelleux	2
10 km sablonneux mixte	5
20 km rocheux	10
5 km rocheux mixte	3
50 longueur totale du littoral	Total = 25

Les emplacements exacts de chaque plongée de profil au sein de chacun des différents types d'habitats devraient être déterminés au hasard. Pour ce faire, vous devriez allouer un numéro à chaque période de 3 minutes d'exploration manta dans chaque type d'habitat. Les séries de numéros consécutifs devraient être appliqués séparément à chaque principal type d'habitat, par ex. "1, 2, 3, ..." pour sablonneux et "1, 2, 3, ..." pour rocheux etc. Et puis les secteurs particuliers de 3 minutes pour exploration manta sont choisis au hasard. Si le nombre de secteurs est grand, vous devriez utiliser une table de nombres au hasard pris dans un livre de statistique, mais généralement dans ESBIO nous avons simplement inscrit les numéros affectés sur de petits morceaux de papier, nous les avons mélangés dans un chapeau, et retirés un à un. Les profils devraient être situés approximativement près du centre de chaque tranche d'exploration manta de 3 minutes. Ce schéma est appelé échantillonnage stratifié au hasard. Il retient les aspects statistiques de l'échantillonnage au hasard, pendant qu'il réduit le nombre d'échantillons à travers une stratification efficace selon la prévalence des habitats.

Un autre paramètre de stratification qui peut être utilisé est la variance attendue au sein de l'échantillon. Dans ce cas, un nombre supérieur d'échantillons serait pris dans les types d'habitats hautement hétérogènes. Si vous aviez un littoral qui aurait 9 km de sable et 1 km de roche/pierre/sable mixte, la stratification par prévalence d'habitat signifierait que vous feriez 9 profils dans l'habitat sablonneux et un dans l'habitat mixte. Étant donné que l'habitat sablonneux peut être moins variable à l'échelle échantillonnée, il peut être mieux de donner plus de poids à l'échantillonnage dans la zone d'habitat mixte. Il est suggéré que cette dernière méthode de stratification soit utilisée seulement dans les explorations des zones >50% de substrats sablonneux. Dans les zones où le sable < 50%, le poids par prévalence de principales catégories de substrats est recommandé.

4.3.2 Plongées de profils

Après avoir décidé sur un emplacement pour les plongées de profils, voici la procédure à suivre.

4.3.2.1 Équipement

- Ensemble complet de matériel SCUBA
- Carnet de notes utilisable sous l'eau ou ardoise – pré-préparé avec formulaire de profil
- Crayon – taillé aux deux extrémités en cas de cassure
- 2 enrouleurs SMB: un dont la corde est marquée à 25 m et une balise flottante attachée; une autre dont la corde est marquée tous les 10m et qui est lestée à une extrémité.
- Montre imperméable ou horloge de profondeur

4.3.2.2 Procédure

Étape 1 A l'arrivée sur le site de plongée, l'équipe d'exploration devrait immédiatement déterminer le point auquel la profondeur de l'eau est 15m. Si c'est plus de 100m à partir du côté, il n'est pas sûr que les plongeurs seront capables de terminer la

plongée avant que leur réserve d'oxygène ne soit épuisée. L'équipe devrait par conséquent envisager de suivre la procédure décrite dans la Section 4.3.2.3 en bas. Sinon, ils devraient continuer avec l'Etape 2.

- Etape 2** Après avoir pris un compas positionné sur la côte, les plongeurs entrent dans l'eau et descendent jusqu'à 15m. Le temps de descente devrait être noté.
- Etape 3** Au fond, les plongeurs attachent l'enrouleur avec la balise flottante à l'extrémité lestée de l'enrouleur marquée à 10m d'intervalle. Ils font ensuite le résumé des types d'habitats visibles sur une zone de 5m de rayon à partir de leur position en notant les détails dans leurs carnets de notes utilisables sous l'eau. Après avoir complété ceci, ils nagent vers la côte sur la position de compas prédéterminée. Un des plongeurs enroule la corde tout en comptant le nombre des marques de 10m. L'autre surveille sa jauge de profondeur.
- Etape 4** A 10, 5 et 0 mètres respectivement, les plongeurs s'arrêtent et effectuent la même procédure qu'à 15m, en notant en plus la distance parcourue le long de la corde à chaque arrêt. Une fois la surface atteinte, l'enrouleur est laissée en place, bien lesté, pour les observations des poissons et des mollusques. Notez l'heure de fin de la plongée.
- Step 5** Transférez les notes prises sous l'eau sur le formulaires des données de profils (voir Section 13.5). Les données enregistrées sur les habitats sont ensuite utilisées pour fournir des données sur les habitats pour les explorations subséquentes des échantillons des poissons, mollusques et invertébrés.

NOTE IMPORTANTE: Pour toutes les techniques de plongée décrites dans ce document, il est très important que la zone plus profonde (15 m) soit explorée d'abord et la zone peu profonde (0 m) à la fin. Si cet ordre n'est pas respecté, les plongeurs courent le risque de contracter la maladie de décompression.

4.3.2.3 Procédure si l'habitat sous-lacustre est une pente très graduelle.

Si la zone à explorer est une pente très graduelle, deux équipes de plongeurs devraient se partager l'exploration de profil, en suivant le même protocole qu'en haut, avec les modifications suivantes. La première équipe devrait plonger jusqu'à 15m, suivre le protocole en haut pour noter les détails des habitats, et ensuite refaire surface au lieu de nager vers le site suivant. Le bateau transportera toute l'équipe à une profondeur de 10m et la deuxième équipe devrait descendre et échantillonner comme ci-haut, et ils devraient encore une fois retourner au bateau. La première équipe alors, après avoir eu une pause de 15 minutes à la surface, peut continuer en toute sécurité le profil en échantillonnant à 5m. Eux-mêmes ou le deuxième couple de plongeurs peuvent alors compléter le profil à ce site en faisant l'échantillonnage à la surface.

Les activités pour les deux équipes de couples de plongeurs échantillonnant sur des pentes graduelles sont résumées dans Table 4.2.

Tableau 4.2 Technique pour l'échantillonnage sur des sites avec des v pentes graduelles.

Couple de plongeurs 1	Couple de plongeurs 2
Profil à 15m	<i>Repos dans le bateau</i>
Surface	<i>Repos dans le bateau</i>
<i>Repos dans le bateau</i>	Profil à 10m
<i>Repos dans le bateau</i>	Surface
Profil à 5m	<i>Repos dans le bateau</i>
Surface	<i>Repos dans le bateau</i>
<i>Repos dans le bateau</i>	Profil à 0m

4.3.2.4 Procédure dans les zones “ inappropriées pour la plongée “

Dans les zones où il n'est pas possible de plonger pour des raisons de sécurité ou de faible visibilité (voir Tableau 3.2) les informations détaillées sur le substrat devraient être rassemblées à l'aide d'une benne. Pour cette technique, un vaisseau de recherche est nécessaire, qui soit suffisamment grand et stable pour y monter un petit treuil sur lequel la benne peut être solidement fixée. Attachez toujours une deuxième corde avec beaucoup de desserrement à la benne, pour que si le câble du treuil se casse, la benne puisse être localisée et retrouvée. La procédure d'échantillonnage est comme suit:

Etape 1 A l'endroit de l'exploration, l'équipe localise le point auquel la profondeur de l'eau est de 15m. En utilisant cela comme un point de départ, le vaisseau d'échantillonnage suit une course parallèle au côté mais en maintenant une profondeur de 15m. Les échantillons de benne sont pris à environ 15, 30 et 45m à partir du point de départ le long du transect. Si besoin est, le contenu de chaque échantillon devrait être trié avec un tamis, avant que la nature du substrat ne soit résumée sur le formulaire Habitat Grab 1/1. Une note devrait aussi être faite sur le formulaire de tout invertébré identifié dans l'échantillon.

Etape 2 Cette procédure devrait être répétée aux profondeurs de 10m et 5m.

Note: Des fois, la benne retournera vide. Il y a deux explications possibles à ceci: d'abord, la benne peut avoir été remontée trop tôt. Avec un peu d'expérience, l'opérateur du treuil sera capable de détecter ceci et le processus peut être répété jusqu'à ce qu'un vrai échantillon soit obtenu. Ou bien, le substrat peut être rocheux, dans lequel cas la benne devrait être descendue un peu plus et si le même résultat est obtenu, le terme “Pas d'échantillon – éventuel substrat rocheux” devrait être entré sur le formulaire Habitat Grab.

Un échantillon du formulaire d'exploration est présenté dans la Section 13.6:

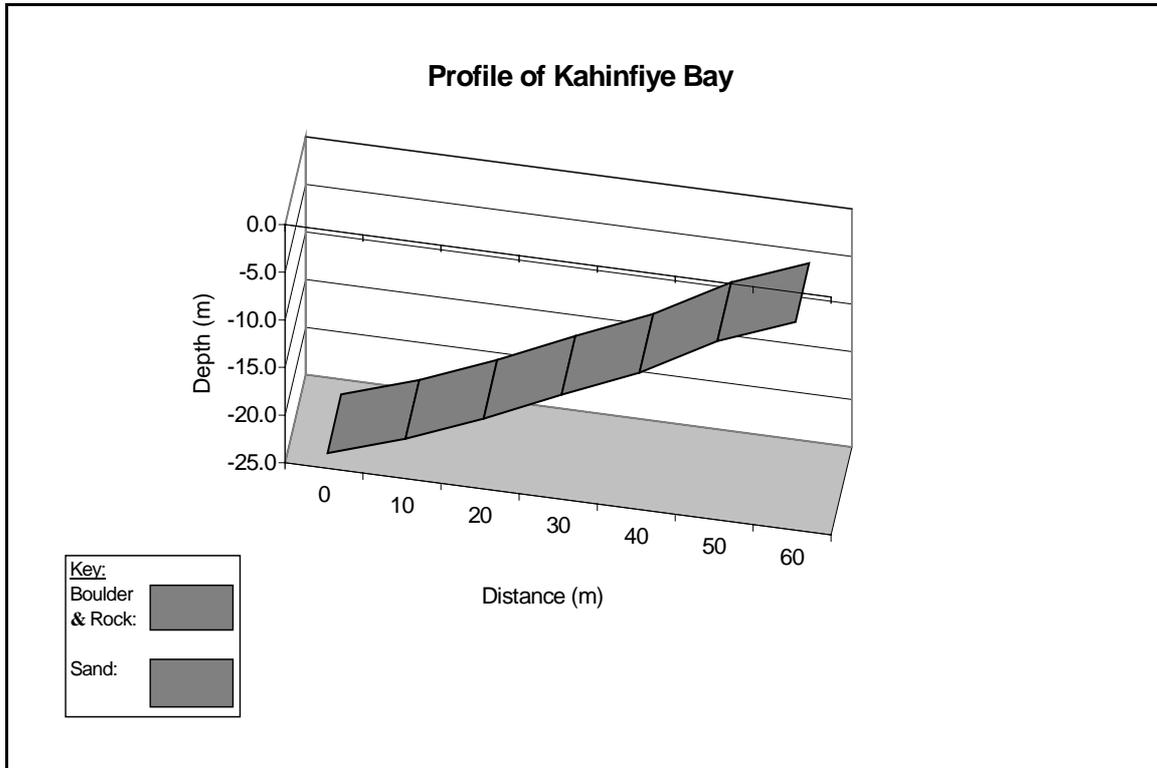


Figure 4.3 Exemple de données sur les profils en plongée du Parc National de Mahale Mountains, Tanzanie.

SECTION 5. METHODES D'ECHANTILLONNAGE POUR TAXA CHOISIS COMME INDICATEURS DE LA BIODIVERSITE TOTALE: POISSONS

5.1 Identification

L'identification des espèces de poissons est actuellement faite à partir d'une variété de sources. Celles-ci incluent les expériences d'explorations antérieures des individus, les guides d'aquarium, en particulier Brichard (1989), ainsi que différentes clés incluant les clés originales et les descriptions de Max Poll, des années 1940. Une tentative pour produire une clé dichotomique aux genres de cichlidés (Roger Bills) a été faite, mais le fait reste qu'il n'y a pas de source unique et accessible pour l'identification sur terrain des poissons. Une partie du travail réalisé durant le projet devrait aider au développement de ce genre de guides de terrain. Pour servir comme aide destinée à renforcer les aptitudes d'identification, des collections de référence des poissons et des spécimens de mollusques ont été entamées ou augmentées à chacune des stations à partir des échantillons collectés au cours des explorations de l'ESBIO.

Une gamme de techniques d'exploration a été évaluée pour l'inventaire visuel sous l'eau des populations de poissons du lac Tanganyika. Les techniques et protocoles suivants ont été trouvés plus appropriés pour utilisation pendant les explorations du PBLT.

5.2 Stationary Visual Census (SVC)

Cette technique fournit des informations sur la relative abondance et diversité des espèces de poissons de la zone littorale (Bohnsack, 1986). Elle devrait être employée pour le suivi dans le temps des sites sélectionnés (SECTION 9) et, en combinaison avec l'Inventaire Visuel Rapide (voir ci-dessous), pour la cartographie des distributions de poissons dans tout le lac.

5.2.1 Equipment

- Ensemble complet de matériel SCUBA
- Carnet de notes utilisable sous l'eau ou ardoise pré-préparé avec formulaire d'inventaire
- Crayon - taillé aux deux extrémités en cas de cassure
- Montre sous-marine ou profondimètre

5.2.2 Procédure

Cette technique utilisée ici a été modifiée à partir de la technique originale (Bohnsack, 1986) pour mieux s'adapter aux distributions et comportements des poissons trouvés dans le lac.

Pendant les explorations ESBIO, cette activité a lieu après que la plongée de profil ait eu lieu. Il y aura par conséquent une corde en place, ainsi qu'une balise flottante dans 15m d'eau.

Etape 1 En utilisant la bouée de marquage, un couple de plongeurs descend jusqu'à 15m. Ils se positionnent sur la corde de transect à son début.

Etape 2 **Richesse et abondance des espèces.** Tout en tournant au-dessus de la corde de transect, chaque plongeur examine le champ de vision à l'intérieur d'un cylindre imaginaire s'étendant depuis le lit du jusqu'à une hauteur de 5m et ayant le même rayon. Pendant les 10 premières minutes, toutes les espèces observées sont enregistrées en utilisant les abréviations des noms des genres et des espèces pour économiser le temps et l'espace sur le formulaire. Le nombre d'individus vus est

également enregistré. Lorsqu'il y a de grandes masses de poissons, le nombre devrait être estimé en comptant par dizaines, vingtaines ou même centaines.

Etape 3 Espèces cryptiques. Lorsque la période de dix minutes est terminée, chaque plongeur fouille systématiquement le lit du lac dans la zone d'exploration à la recherche de toutes les espèces cryptiques et celles vivant dans les crevasses (par ex. *Synodontis spp.*, *Julidochromis spp.*) qui peuvent avoir été invisibles à partir du point central. A mesure que chaque espèce est observée, le nom et le nombre d'individus sont enregistrés. La zone est fouillée pendant cinq minutes. On doit faire attention à ne pas remuer les sédiments pendant ce moment - il est recommandé de nager le plus possible dans la position "tête en bas".

Etape 4 La procédure ci-haut est répétée à 10, 5 et 0m. L'échantillonnage est stratifié avec la profondeur, car un grand nombre d'espèces de poissons sous inventaire est connu comme étant limité dans la profondeur (par ex. *Cyphotilapia frontosa*, *Tropheus spp.*). A la fin de la plongée, la principale corde de transect de profil devrait être laissée en place pour les transects suivants de mollusques

Note: Les poissons juvéniles ne devraient pas être inclus dans le comptage car , (i) les estimations des nombres des grandes masses sont très variables, et (ii) un grand banc de juvéniles d'une seule espèce peut biaiser de façon significative le chiffre final pour l'index de biodiversité calculé. Conclusion: la présence de juvéniles devrait être notée mais pas incluse dans le comptage.

Un exemplaire de copie du formulaire est présenté à la Section 13.7:

5.3 Rapid Visual Census (RVC)

La technique d'inventaire visuel rapide (Jones et Thompson, 1978) fournit des informations sur la relative abondance et la , mais non sur la densité des populations. Toute la période d'inventaire est passée en cherchant les espèces de poissons non dénombrés sans données supplémentaires sur les poissons dénombrés. Etant donné qu'une grande zone peut être inventoriée plus que dans l'inventaire visuel stationnaire, la technique est à même de prendre les espèces les plus méfiantes des plongeurs et rares. Cependant, comme certaines des espèces plus cryptiques peuvent ne pas être observées, une combinaison de l'Inventaire Visuel en Position et de l'Inventaire Visuel Rapide sera utilisée pour les observations de la distribution des espèces en vue de fournir une liste complète des espèces.

5.3.1 Equipement

- Ensemble complet de matériel SCUBA
- Carnet de notes utilisable sous l'eau ou ardoise - pré-préparé avec formulaire d'inventaire
- Crayon – taillé aux deux extrémités en cas de cassure
- Montre sous-marine ou horloge de profondeur
- Bouée de Marquage de Surface – de grandes distances peuvent être couvertes sous l'eau.

5.3.2 Procédure

Les observations devraient être stratifiées avec les profondeurs de 15 m, 10 m, 5 m ainsi que 0m comme pour l'Inventaire Visuel en Position. La technique de base pour un inventaire de 60 minutes est présentée ci-après.

Etape 1 Un couple de plongeurs descend jusqu'à une profondeur de 15 m.

- Etape 2** Les deux plongeurs nagent le long du contour de 15 m de profondeur parallèle au côté pendant 15 minutes. Cette période d'inventaire est divisée en cinq intervalles de trois minutes de temps. Le nom de chaque espèce est enregistré durant l'intervalle de temps dans lequel elle est vue pour la première fois. Les plongeurs portent avec eux un enrouleur avec bouée de marquage attachée tout le temps, pour indiquer leur position aux membres de l'équipe se trouvant à la surface.
- Etape 3** A la fin des 15 premières minutes de l'inventaire, les plongeurs remontent jusqu'à 10 m et mènent un deuxième inventaire de 15 minutes dans la direction opposée, c.à.d. en arrière le long du même transect inventorié à 15 m. -Les espèces sont encore une fois enregistrées dans l'intervalle de temps pendant lequel elles sont vues pour la première fois MEME SI ELLES SONT DEJA NOTEES A 15m.
- Etape 4** Les plongeurs remontent jusqu'à 5m et effectuent les mêmes procédures
- Etape 5** Les plongeurs font surface et effectuent un inventaire final de 15 minutes à la surface en nageant avec masques et tubas.

Le but de cet échantillonnage est d'estimer la relative abondance des espèces. Pour ce faire, chaque espèce reçoit un score basé sur l'intervalle dans lequel elle a été enregistrée pour la première fois. Les espèces abondantes sont susceptibles d'être enregistrées dans les intervalles de bonne heure et les espèces plus rares ou cryptiques sont susceptibles d'être enregistrées dans les intervalles ultérieurs. Les espèces enregistrées dans le premier intervalle reçoivent un score de 5, dans le deuxième 4, et ainsi de suite, et celles qui sont enregistrées dans l'intervalle final reçoivent le score de 1.

Un exemplaire de copie du formulaire est présenté à la Section 13.8.

5.4 Filets maillants

Posés pendant toute la nuit, les filets maillant peuvent être utilisés pour faire complément aux méthodes d'exploration en plongée, en capturant des poissons qui sont plus actifs pendant la nuit ou qui migrent des eaux profondes vers les eaux peu profondes pour s'alimenter. De plus, l'identification de terrain de certaines espèces est particulièrement difficile sous l'eau. Les filets maillant permettent la prise d'échantillons et l'examen minutieux en vue de vérifier la taxonomie et d'assurer la consistance entre les observateurs.

Il y a cependant des limitations à l'utilisation des filets maillant. C'est une méthode passive, ce qui veut dire que seuls les poissons qui se déplacent peuvent être pris. Pour cette raison, les espèces sédentaires et celles qui restent confinées dans les trous ou les crevasses, ou qui suspendent temporairement leur recherche de nourriture pendant la phase reproductive, sont prises avec difficulté. De plus, les mailles ayant des tailles uniformes sont sélectives, attrapant seulement des poissons ayant une taille ou une morphologie particulières. Pour cette raison, l'ESBIO utilise les filets maillant ayant une variété de tailles de mailles, qui fournissent une méthode efficace pour l'évaluation semi-quantitative des populations de poissons.

5.4.1 Equipment

Les caractéristiques du filet maillant multi-maille utilisé par les équipes de l'ESBIO sont:

- matériel; mono-filament bleu transparent qui n'est pas facilement vu sous l'eau;
- taille de maille; 12 panneaux avec tailles de mailles de 8, 10, 12.5, 16.5, 18.5, 22, 25, 30, 33, 38, 45, 50 mm respectivement; et,
- taille de filet; chaque panneau 5m sur 1.5m, cousu ensemble et faisant un filet de 60m de longueur.

L'équipement supplémentaire suivant est aussi nécessaire pour l'échantillonnage au filet maillant:

- seaux/bassins pour manipuler et trier la prise;
- balances (fourchette d' 1gr à 2 kg) pour peser les poissons;
- pinces/ciseaux pour extraire les poissons du filet; et,
- pots et alcool (à 70% de concentration) et étiquettes pour la préservation des échantillons.

5.4.2 Procédure

Le filet maillant est posé parallèlement au côté à une profondeur de 10 m. Le filet est positionné à la profondeur requise, le côté lesté reposant sur le lit du lac et le côté flottant suspendu en haut, de telle façon qu'il forme un léger surplomb. Les extrémités du côté en bas devraient être ancrées au lit du lac en y attachant un poids ou une pierre. Une balise flottante devrait être attachée sur le côté flottant pour marquer l'emplacement du filet. L'heure de pose des filets devrait être constante, de préférence vers le crépuscule. Dans les zones fréquentées par les pêcheurs, il peut être nécessaire de placer une surveillance aux filets pour s'assurer qu'ils ne sont pas dérangés ou volés. Les filets devraient être levés le matin suivant après le lever du soleil..

Une fois que la prise est à terre, les poissons sont triés. Les nombres d'individus dans chaque espèce sont notés. Lorsque l'observation a lieu sur les sites de suivi, le poids total de chaque espèce devrait aussi être noté. En cas de doute ou de manque d'expérience, l'identité des espèces devrait être confirmée au laboratoire. Les spécimens peuvent être conservés dans des pots contenant une solution de 70% d'éthanol, et si possible, des photographies devraient être prises pour conserver une trace de la coloration.

5.5 Echantillonnage dans les zones "impropres à la plongée"

En dépit des avantages liés à l'utilisation des techniques de plongée d'observation directe pour les inventaires de poissons, ces techniques ne sont pas sûres pour les zones à haute densité de crocodiles et d'hippopotames, et ne sont pas non plus pratiques de faible visibilité près des embouchures de beaucoup de rivières et de certaines baies peu profondes. Dans de telles circonstances, les filets maillant sont posés pendant la journée ainsi que pendant la nuit et fournissent une alternative viable aux techniques d'inventaire en plongée.

Pendant la journée, 3 filets sont posés, à 15, 10 et 5m respectivement, en utilisant la même procédure que celle décrite dans la section 5.5.2 ci-haut. Les filets devraient être positionnés le plus possible le long du même transect comme pour l'échantillonnage des habitats par benne. Les filets sont déployés après le lever du soleil et levés avant le crépuscule. Pendant la nuit, un seul filet est posé à une profondeur de 10m.

SECTION 6. METHODES D'ECHANTILLONNAGE POUR LES TAXA CHOISIS COMME SUBSTITUTS DE LA BIODIVERSITE TOTALE: MOLLUSQUES

6.1 Identification

Les gastéropodes thiarides constituent le groupe de mollusques le plus diversifié net le plus riche en espèces du lac Tanganyika, avec 18 genres endémiques comprenant plus de 40 espèces. Kelly West et Ellinor Michel ont développé une clé pour les gastéropodes thiarides du lac Tanganyika que les équipes de l'ESBIO ont testée sur terrain au cours des explorations des Parcs Nationaux de Mahale et Nsumbu. Pour le moment, il n'y a pas de clés dichotomiques pour les gastéropodes non-thiarides ou les mollusques bivalves du lac Tanganyika. Jusqu'à ce que de tels matériels soient développés, le lecteur intéressé se référera à Leloup 1950 & 1953 pour les images et les descriptions de ces taxa, et à Brown & Mandahl-Barth 1987 pour l'actualisation la plus récente sur la nomenclature taxonomique pour ces groupes.

Les travailleurs expérimentés peuvent être capables d'identifier les espèces in situ, mais il est probablement mieux de faire une identification préliminaire des plus grands espèces sous l'eau, et retenir quelques spécimens pour vérifier sur la terre ferme ou en laboratoire. Les échantillons des petites espèces, collectés par tamis ou échantillonneur suceur devraient être examinés soit sur la terre ferme sous un microscope à main, ou soit en laboratoire sous un microscope de dissection à faible puissance.

6.2 Vue générale des méthodes d'exploration.

L'hétérogénéité des habitats rend les explorations comparables de relative abondance (et ainsi le calcul des indices de biodiversité) peu significatifs sans un très grand nombre de reproductions, et sans une estimation exacte des zones relatives ou absolues de chaque type d'habitat présent. En conséquence, pour les habitats de la zone littorale et sub-littorale, il est recommandé que des explorations qualitatives soient effectuées. Ces explorations fourniront des données sur la spécificité seulement, et serviront comme données comparative de présence/absence, **pourvu que le temps employé à la recherche soit standardisé**. Notez que le manque de données sur l'abondance ne permet pas le calcul des indices de diversité pour les mollusques.

6.3 Notes de recherche

A l'intérieur de chaque habitat, recherchez les mollusques **vivants**. Les gastéropodes vivants ont un opercule ou 'porte' fermant l'ouverture ou 'entrée' vers l'intérieur des coquilles. Toute coquille de gastéropode n'ayant pas d'opercule ocre, brun ou noir bloquant l'entrée est une coquille vide ou morte. Les bivalves vivants possèdent 2 coquilles qui sont attachées par un ligament le long d'un bord. Les bivalves vivants fermeront hermétiquement leurs valves ensemble s'ils sont perturbés. Les coquilles à une bivalve ou à deux bivalves qui ne se ferment pas ne sont pas vivantes.

Dans les habitats rocheux ou mixtes, les gastéropodes vivants adhèrent aux rocs en utilisant leur pied. Concentrez donc vos efforts de recherche sur les surfaces intérieures et extérieures des rocs se trouvant dans ces environnements, car la plupart des ldes coquilles que vous trouvez sur les surfaces interstitielles sont vides ou mortes (les mollusques n'enterrent pas leurs morts, donc vous en trouverez beaucoup !). Evitez aussi les mollusques ébréchés, cassés, vieux et d'aspect âgé, puisqu'ils sont aussi morts. Les *Lavigeria* spp dominent souvent les surfaces extérieures des rocs, mais beaucoup d'autres espèces adhèrent sur la face inférieure des rocs. Les bivalves vivants s'enterrent dans les sédiments et utilisent leur siphon pour filtrer l'eau et se nourrir. Vous ne trouverez pas de bivalves vivants dans les zones rocheuses, mais vous pourriez les trouver

dans les zones mixtes si l'habitat possède une matrice de sable significative.

Vous devriez retourner plusieurs pierres ou dans votre recherche de mollusques, mais souvenez-vous de remettre les rocs dans la même position que vous les avez trouvés. Regardez dans les cassures des plus grands rocs, ainsi que sur les tiges et les feuilles des macrophytes. Il peut aussi s'avérer nécessaire de décoller les sédiments des rocs pour voir les espèces qui habitent dans les rocs qui peuvent être incrustées avec les algues filamenteuses ou aufwuchs, et ainsi difficiles à voir.

Sur les substrats sablonneux, cherchez les traînées des escargots. Vous pouvez repérer les escargots individuels en suivant leurs traces et traînées jusqu'au point terminal. De même, contrairement aux escargots attachés aux rocs, les escargots des sables se rétracteront dans leurs coquilles quand ils sentent votre présence. Ainsi, si vous observez attentivement quand vous les dépassez, vous verrez les coquilles se cramponner dans les sédiments. Rappelez-vous chercher les bivalves sur les substrats sablonneux. L'animal s'enterrera presque complètement dans le sable, et on ne verra à partir de la surface qu'une petite fraction de la coquille et peut-être le siphon.

Dans les habitats sablonneux et les habitats mixtes ayant des sédiments significatifs, vous aurez besoin de tamiser un échantillon de sédiments pour avoir les micromollusques.

Technique de tamisage

La partie supérieure des sédiments de 2-3 cm est passée à travers le tamis et les mollusques sont collectées. Le tamisage est mieux effectué en maintenant le tamis dans une main et en vidant une petite couche de sédiments dans un pot à grande ouverture. Transférez les sédiments contenus dans le pot dans le tamis et agitez le tamis d'un côté à l'autre. Transférez avec attention le contenu du tamis vers une bouteille à échantillons ayant une large ouverture et un bouchon qui ferme bien. Utilisez votre main comme entonnoir pour vous assurer que le contenu est transféré du tamis avec efficacité. Une bouteille ou un pot ayant un col large est très utile. Plus les plongeurs seront familiers avec la technique, plus ils seront capables de tamiser une plus grande quantité de sable dans le temps imparti.



Figure 6.1 Photographie de l'activité de tamisage des mollusques

6.4 L'inventaire des mollusques en plongée

6.4.1 Equipement

- Equipement Scuba
- Carnet de notes utilisable sous l'eau
- Crayon – taillé aux deux extrémités en cas de cassure
- Montre sous-marine
- Pot à échantillons étiqueté pour la profondeur et l'événement
- 1 tamis (maille de 1,4 mm)

6.4.2 Procédure

Pour l'inventaire de mollusques en plongée, les protocoles différeront selon le type de substrat. En utilisant la balise flottante comme marque, les plongeurs descendent jusqu'à 15m et effectuent l'inventaire le long de la corde de transect mise en place pour le profil et l'inventaire visuel en position.

Tous les 15, 10, 5 et 0 mètres, les plongeurs s'arrêtent à côté de la corde de transect. L'échantillonnage doit s'effectuer sur les deux côtés de la corde de transect, à une distance ne dépassant pas 5m de la corde. Pour des raisons de sécurité, il est important que les deux plongeurs ne s'éloignent pas l'un de l'autre pendant le travail. Par conséquent, les deux

plongeurs devraient échantillonner d'abord un côté de la ligne de transect en utilisant la technique appropriée et répéter ensuite les techniques sur l'autre côté.

La tâche de chaque plongeur variera selon l'habitat trouvé à chaque profondeur. Pour des raisons de simplification, les différents types d'habitats ont été divisés en trois catégories. A cause du fait que la communication sous l'eau est difficile, avant de commencer l'inventaire des mollusques et tant qu'ils sont encore à la surface, les plongeurs doivent:

- Confirmer, avec le couple de plongeurs ayant effectué la plongée de profil, quelle catégorie d'habitat se trouve à chaque profondeur.
- Se convenir entre eux quelles tâches chacun d'entre eux effectuera.

Les tâches à effectuer par chaque plongeur dans les différentes catégories d'habitats à toutes les profondeurs sont indiquées dans le Tableau 6.1 ci-après:

Tableau 6.1 Activités des plongeurs échantillonnant les mollusques dans différents habitats

Catégorie d'habitat	Tâches du plongeur 1	Tâches du plongeur 2
<i>Non sablonneux</i> (tous types de roc et sable)	Fouiller les rocs/gravier pendant 5 minutes	Fouiller les rocs/gravier pendant 5 minutes
<i>Mixte</i>	Fouiller tous les micro habitats pendant 5 minutes	Fouiller tous les micro-habitats pendant 2½ minutes 1 x échantillon de tamis de l'habitat sablonneux pendant les 2½ minutes restantes.
<i>Sablonneux</i>	Chercher pendant 5 minutes les mollusques plus grands	2 x échantillons de tamis pendant une période de 5 minutes

NOTE: les tâches sont effectuées sur un côté de la corde de transect pendant une période totale de 5 minutes et répétées ensuite sur l'autre côté de la corde de transect. Le total du temps employé pour l'échantillonnage à chaque profondeur est alors de 10 minutes.

Pendant tout l'inventaire, vous devriez prendre note dans votre carnet de plongeur (voir Figure 6.1) en notant les espèces que vous pouvez identifier sans collecter d'échantillons et en liant les espèces ainsi que les échantillons de tamis avec leur habitat. Aussitôt que possible après la plongée, les éléments se trouvant dans le carnet de note devraient être transcrits sur le "Mollusc Dive Transect: Form 1/1" (Transect de plongée pour mollusques: Formulaire 1/1). Une copie de celui-ci se trouve à la Section 13.10. Rappelez-vous des numéros d'exploration et d'événement sur vos carnets de notes et sur les formulaires. Ceux-ci devraient être conformes à ceux qui figurent sur le Formulaire de terrain.

<p>23/9/99 Événement #7 ESBIO TZ004 Nom du plongeur</p> <p>15m sable fin - échantillon sur tamis récolté pièrres - <i>Lavigeria sppA</i> and <i>Lavageria sppB</i> Moellons - pas de mollusques</p> <p>10m roche mère - <i>Lavigeria spA</i>, <i>Anceya spp</i></p> <p>5m pières/roches - <i>Lavigeria grandis</i></p> <p>0m Moellons - <i>Spekia</i> roches - <i>Reymondia horei</i></p>

Figure 6.2 Exemple de page du carnet de plongeur: Inventaire de mollusques en plongée

6.5 Echantillonnage de mollusques dans une zone “impropre à la plongée”

Aux endroits où il n'est pas possible de plonger, une 'drague de naturalistes' est utilisée pour échantillonner les mollusques. Cette technique peut seulement être utilisée dans les zones où des substrats doux ont été identifiés. La drague est inefficace et s'endommage facilement sur des substrats rocheux. Comme dans le cas de la benne pour habitats, un vaisseau est nécessaire, et doit être suffisamment grand et stable pour y monter un petit treuil auquel la drague peut être solidement fixée. Attachez toujours à la drague avec beaucoup de desserrement pour que si le câble du treuil se casse, elle soit localisée et récupérée. La procédure d'échantillonnage est comme suit:

- Etape 1** Après avoir positionné le vaisseau au début du transect de 15m utilisé pour la benne des habitats et l'échantillonnage par filet maillant, la drague est descendue jusqu'au fond du lac. Un câble supplémentaire est ensuite déroulé pour s'assurer que la drague est tirée derrière le bateau à un angle plat, afin de la coucher correctement sur le substrat.
- Etape 2** Le vaisseau avance alors à petite vitesse le long du transect sur environ 60-100m. L'opérateur du treuil observe continuellement la tension du câble pour toute indication montrant que la drague s'est accrochée sur quelque chose.
- Etape 3** A la fin du transect, la drague est remontée et son contenu est trié avec attention à l'aide d'un tamis. Les mollusques identifiés dans l'échantillon sont enregistrés sur le formulaire “Mollusc Transect: Form 1/1” (section 13.10).

Step 4 Cette procédure est répétée pour les transects de 10 et 5 m.



Figure 6.3 Photographie d'une drague de naturalistes

Note sur la taille de maille: la taille de maille optimale variera selon le substrat. Les substrats épais, denses ou boueux nécessiteront une plus grande taille de maille en vue de permettre aux particules de filtrer à travers le filet et à la drague de fonctionner de façon efficace. Cependant, une taille de maille trop grande fera que les petits mollusques passeront aussi par le filet et s'échapperont de l'échantillon.

SECTION 7. METHODES D'ECHANTILLONNAGE POUR LES TAXA SELECTIONNES COMME SUBSTITUTS DE LA BIODIVERSITE TOTALE: AUTRES INVERTEBRES

7.1 Introduction

Les échantillonnages de ESBIO pour les invertébrés ont été confinés aux mollusques, toutefois il est espéré que de futures explorations élargiront leur échelle pour couvrir d'autres taxa d'invertébrés utilisable pour l'évaluation de la biodiversité. Celles-ci pourraient inclure les organismes macro-benthiques (taille > 1 mm) et méio-benthique (taille < 1 mm > 0.1 mm). La taxonomie de la plus grande partie du méio-benthos est connue seulement de quelques spécialistes à présent, mais quelques groupes sont hautement diversifiés et contiennent un grand nombre d'espèces endémiques. Un domaine clé de recherche identifié comme important pour le suivi à long terme est l'usage des macro-invertébrés (premièrement les larves d'insectes aquatiques) comme indicateurs biologiques.

7.2 Identification

Du matériel pour l'identification de terrain pour les invertébrés a été préparé par Dr Koen Martens. Il inclut une clé visuelle pour les espèces de crabes et un guide pour l'identification des genres d'Ostracodes. Le méso-benthos est, dans la plupart des cas, seulement identifiable seulement jusqu'au niveau de la famille, de la Classe ou même de l'Embranchement; celui-ci devrait être identifié jusqu'aussi loin que possible en utilisant la clé de Koen Marten 'Key to Invertebrates' et une clé dichotomique pour identifier les invertébrés jusqu'au niveau de l'embranchement ou de la classe.

7.3 Possibilités d'échantillonnage

A l'exception des mollusques, des protocoles détaillés pour l'échantillonnage des invertébrés n'ont pas été élaborés par ESBIO, néanmoins quelques points généraux sur les possibilités d'échantillonnage sont inclus ci-après comme un guide initial pour un développement ultérieur.

7.3.1 Prédateurs mobiles ou fouisseurs.

De tels invertébrés incluent les crabes et les crevettes. Elles peuvent être capturés dans des pièges nocturnes, soit avec lumière ou appât pour les attirer. Les crabes sont régulièrement capturés dans les filets pour poissons. Les grands invertébrés, moins mobile, comme les mollusques, peuvent aussi être ramassés à la main sur les roches lors de plongée ou de nage avec tuba.

7.3.2 Invertébrés benthiques

Les invertébrés des habitats sablonneux et/ou boueux peuvent être collectés soit filets à main au cours de la plongée SCUBA (jusqu'à 15m de profondeur), soit par dragage ou avec des bennes (toutes les profondeurs). Les bennes sont tirées depuis la surface et donnent au mieux des échantillons semi-quantitatifs ; les bennes prennent une surface donnée et, si elles sont utilisées correctement, donnent des échantillons quantitatifs. Il y a plusieurs types de bennes et d'échantillonneurs disponibles dans le commerce. Certains des types actuellement utilisés sont présentés ici.

7.3.3 Invertébrés de la zone littorale

Ceux-ci seront collectés surtout avec les filets à main (qualitativement) ou, par SCUBA, avec un

appareil de suction (quantitativement). On doit veiller à échantillonner tous les microhabitats disponibles: parmi les macrophytes submergés, parmi les racines ou macrophytes émergeant, sur les surfaces sablonneuses, sous les pierres dans les zones éclaboussées, parmi les rocs et les algues se trouvant sur les rocs, dans les débris des coquilles, etc.

7.3.4 Invertébrés de la zone pélagique

Les invertébrés qui nagent librement en zone littorale ou qui vivent en zone pélagique peuvent être collectés avec les filets à plancton ou avec des bouteilles d'échantillonnage à différentes profondeurs. Notez l'existence de systèmes de migration verticale dans le comportement de ces organismes, pour que le temps de l'échantillonnage soit aussi important que le choix de l'appareil.

SECTION 8. STOCKAGE DES DONNEES DES EXPLORATIONS DE ESBIO ET ANALYSE

Il est important qu'à la fin de chaque journée d'échantillonnage l'information collectée par les plongeurs soit transférée des carnets de notes aux fiches appropriées pour les données de terrain. L'équipier responsable de la gestion des données doit s'assurer que les données sont transcrites correctement et soigneusement. Si une information essentielle comme le numéro de l'exploration, le numéro de l'événement, la localité et la date est omise ou illisible, ceci pourrait rendre de bonnes données inutilisables.

8.1 La base des Données d'exploitation de l'ESBIO

La base des données des explorations de ESBIO a été conçue par le MRAG Ltd en vue de soutenir le programme de terrain et fournir un outil complémentaire pour la planification de la conservation et la gestion. La conception de la base des données était basée sur les protocoles d'échantillonnage et les formulaires pour les données décrit dans ce document. Comme avec la base des données de littérature (SECTION 2) les données peuvent être incorporées dans le système SIG de PBLT (TANGIS) et ainsi être accessibles pour une analyse à l'échelle du projet.

La base des données stocke les résultats des explorations de ESBIO. L'écran central est à l'image de la fiche utilisée par les équipes sur le terrain, qui résume tous les événements d'échantillonnage qui ont eu lieu durant une exploration particulière. Un événement particulier d'échantillonnage est enregistré en fonction de la technique d'échantillonnage, de la localité, de temps et de l'emplacement. Chaque entrée d'événement est à son tour lié à un sous formulaire d'activité, qui contient les données détaillées appartenant à cet événement, qui variera évidemment en fonction de la technique. Les explorations d'habitat incluent des données sur le type et les caractéristiques des substrats présents et les explorations de la faune enregistrent les espèces et les données sur l'abondance en fonction de la profondeur.

La liste suivante donne une indication des types d'analyses qui peuvent être faites en utilisant la base des données des explorations.

- Quels types d'habitats sont-ils trouvés à une localité et dans quelles proportions.
- Association d'espèces par habitat.
- Comparaison de diversité entre différents sites explorés en terme de richesse spécifique ou indices de diversité.
- Proportion d'espèces qui sont endémiques
- Association d'espèces avec la profondeur.
- Changements dans l'habitat et les communautés animales avec le temps.

La base des données a aussi été désignée pour fonctionner en utilisant à la fois des données nationales et régionales et pour synchroniser entre les apports de données à différentes localités. Il fait aussi automatiquement référence à la base des données de littérature, en vue d'harmoniser l'usage des codes pour les espèces entre les deux systèmes. Un module d'analyse qui inclut un cadre relationnel de questions pour développer toute forme d'analyse souhaitée a été ajouté. Des facilités sont incluses pour ajouter plus de questions d'analyse sans être obligé de convertir la base de données dans une édition plus à jour.

Des instructions détaillées sur le fonctionnement et la gestion de la base des données de l'exploration peuvent être trouvées dans le manuel de l'utilisateur pour la base des données de l'exploration de ESBIO – userman v3.0.

Les formulaires suivants ont été maintenant finalisés sur le terrain et incorporés dans la base des données, ainsi les données provenant de ces formulaires peuvent être entrées dans la base de données.

Tableau 8.1 Formulaires pour l'enregistrement des données pour chaque type d'échantillon

Type d'échantillon	Nom du Formulaire	Section
Vue d'ensemble	Fiche de terrain (FL1)	(13.1)
Exploration des Habitats	Manta1 (MS1)	(13.2)
	Manta2 (MS2)	(13.3)
	Manta3 (MS3)	(13.4)
	Profil de plongée (DP1)	(13.5)
	Habitat Grab (HB)	(13.6)
Inventaire des Poissons	Inventaire Visuel Stationnaire (SF1)	(13.7)
	Inventaire Visuel Rapide (RVC)	(13.8)
	Filet maillant (GN1)	(13.9)
Inventaire des Mollusques	Transect pour les Mollusques (MTRANS)	(13.10)

8.2 Analyse des Données des Explorations

Les analyses détaillées qui sont faites sur les données d'exploration dépendent des exigences du rapport en cours de préparation. Cependant, l'exigence fondamentale de l'analyse est pour certaines mesures de diversité, telles que la richesse spécifique, ou un index de la diversité, aux fins de comparaison entre les zones. Nous donnons les directives et une vue d'ensemble des méthodes qui sont les plus en mesure d'être utilisées dans l'analyse des données générées par les méthodes d'exploration décrites dans ce manuel. Des détails plus spécifiques sur quelques unes des méthodes analytiques utilisées pour analyser les données pour le rapport final de ESBIO sont donnés.

8.3 Analyse de la Carte des habitats

Il y a quatre utilisations importantes pour les données de la carte des habitats:

- Estimer la représentation des habitats à l'intérieur des zones protégées ;
- Tracer une carte des habitats pour le choix des zones d'échantillonnage ;
- Évaluer la qualité des habitats en tant que mesure ayant un impact d'origine humaine (par ex. la sédimentation des roches) ;
- Fournir un moyen de comparer les mesures de diversité entre les types d'habitats similaires dans des zones différentes.

Une analyse détaillée de la carte des habitats attend l'intégration de la base des données des explorations dans le cadre du Système d'Informations Géographiques en cours d'élaboration. A présent, les analyses graphiques suivantes sont suffisantes.

- Cartes de la ligne de côte indiquant le principal bord du lac (1 km vers la terre, ou une ligne de vue), catégories d'utilisations du sol – par ex. urbaine, habitat villageois, terrain cultivé, pâturage, forêt adulte, buissons, terrain inondé.
- Catégories de substrats étendus à partir des explorations avec Manta (voir ci-dessous)
- Résumés de profils géographiques en plongée avec SCUBA

Ces cartes sont généralement dessinées à la main sur des copies de cartes de la côte lacustre – des exemples sont trouvés dans les rapports d'exploration de ESBIO dans les parcs nationaux. Les résumés de profils géographiques peuvent être produits à partir de tableurs EXCEL.

8.3.1 Les données de l'exploration Manta.

Cartes résumant les types d'habitats principaux (tel qu'indiqué sur les formulaires Manta). Celles-ci sont utilisées pour mettre en exergue la répartition des types d'habitats principaux (rocheux, sablonneux, de galets, mixtes). S'il y avait des habitats d'un intérêt particulier, petits et localisés, ils peuvent faire l'objet d'annotations sur la carte.

Les explorations Manta sont utilisées pour évaluer la représentation à l'intérieur des zones protégées, les cartes des habitats pour les zones d'échantillonnage et peuvent, surtout dans les cas d'explorations répétées dans le temps, fournir certaines indications de zones ayant subi un impact suite à la sédimentation, l'eutrophisation ou tout autre facteur d'apparence évidente.

Elles sont limitées au littoral et au sous-littoral de faible profondeur, mais sont néanmoins utiles pour une classification à grande échelle.

8.3.2 Données sur le Profil

Les profils individuels peuvent être résumés en utilisant l'option de diagramme 'surface' du logiciel EXCEL de Microsoft (voir la section 4.3 sur la carte des habitats comme exemples de copies de profils). Les profils permettent l'association des données sur l'exploration de la biodiversité (poissons, mollusques) avec le substrat, la profondeur et d'autres caractéristiques des habitats. Ceci est utile dans la mesure où cela permet l'établissement d'associations habitat - communauté (qui peut être étudié par analyse des principales composantes). Ces associations peuvent alors être utilisées comme base de prédiction des effets sur la biodiversité dans son ensemble quant à la perte ou aux dommages pour des types d'habitats particuliers, ou la valeur de la biodiversité des habitats là où il n'y a pas eu moyen de mener des explorations. Par exemple, si nous connaissons ce qu'est la communauté de poissons dans une zone rocheuse sans impact dans le lac central, nous pouvons faire une estimation de la communauté de poissons susceptibles d'être présents dans ce site, sans devoir l'explorer. Cela est évidemment utile lorsqu'il est impossible de mener des études détaillées, mais la distribution des types d'habitats est connue.

8.3.3 Groupage ou comparaison des échantillons à l'intérieur d'habitats comparables.

La considération la plus importante pour l'analyse de la biodiversité est de classer les résultats des explorations des habitats, afin que des comparaisons puissent être faites par exemple entre des habitats similaires dans des zones différentes.

Il y a deux approches potentielles. La première est de faire des évaluations très détaillées des habitats et d'utiliser de grands nombres de catégories précises. Ceci va minimiser les variations inter-catégories, mais aura probablement comme résultat de très petites dimensions d'échantillons (par ex. très peu d'inventaires de poissons) à l'intérieur de chaque catégorie. Cela n'est pas recommandé à présent, mais peut être faisable dans le futur au fur et à mesure de l'augmentation de la disponibilité des données.

La deuxième, qui est recommandée, est l'approche visant l'utilisation d'un nombre assez petit (<10), de catégories assez larges:

Roches mères, roches, galets, lits de coquilles, sable ou boue, lits de végétaux,

et cinq catégories d'habitats mixtes:

Roches/Sable, Galets/Sable, Roches/Galets,
Sable/ macrophytes, roches/Galets/Sable/Coquilles

Les habitats mixtes pour deux types d'habitats sont celles où <90% des habitats peuvent être affectés à ces deux habitats.

par ex. 95% de sable 5% de roche mère seraient considérés comme SABLE.
 83% de sable 17% de roche mère seraient considérés comme MIXTE:SABLE/ ROCHE
 45% de sable 50% de roche mère et 5% de galets seraient aussi considérés comme MIXTE: SABLE/ROCHE
 33% de sable 20% de roche mère, 17% de galets et 30% de coquilles seraient considérés tout juste comme MIXTE.

Il peut s'avérer nécessaire de combiner encore les 10 catégories susmentionnées pour certaines analyses. Gardez à l'esprit que pour les poissons, vous avez 10 catégories de substrat, 3 zones de profondeur (où tous les habitats ne sont présents à toutes les profondeurs) et plusieurs zones géographiques échantillonnées, et vous commencez à vous rendre compte que vous avez besoin de plus d'échantillons pour disposer de plus de données plutôt que de catégories d'échantillons !

Pour l'analyse dans le rapport technique final de ESBIO, nous avons combiné les profondeurs entre 5 et 15 mètres, et avons réduit les catégories d'habitats comme suit:

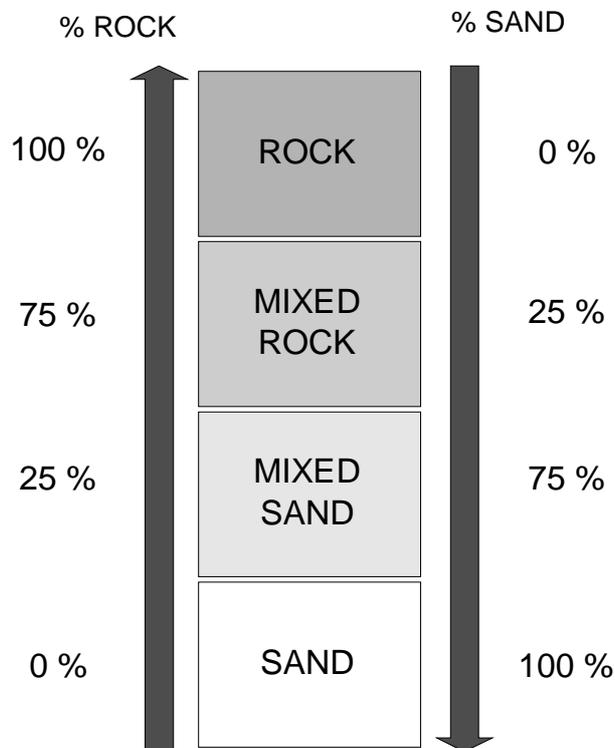


Figure 8.1 Classification des habitats basé sur les principaux substrats. 'Rock' inclut les roches, la roche mère et les galets. 'Sand' inclut toutes les catégories de substrat mou depuis la vase jusqu'au petits graviers.

La raison pour le choix de ces frontières et pour cette gamme d'habitats limitées, définie purement en termes de substrats physiques est comme suit:

- La présence de roches sur un substrat sablonneux ou mou a plus d'effet écologique que la présence de quelque sable dans un habitat principalement rocheux.
- Des mélanges de roches, rochers, moellons et coquilles fonctionnent effectivement comme un substrat dur, et ont été ainsi classés soit comme rocheux (si des substrats ne sont pas

présents) ou rocheux (mixtes). Le type de roche (roche mère, rocher, etc.) et autres caractéristiques (crevasses, à plombs, etc.) ont été enregistrés dans les profils de base, mais des données suffisantes sur les organismes sont disponibles pour étudier les associations avec ces aspects détaillés de l'habitat.

- Tous les transects de plongée allaient de 5 m de profondeur à plus, ainsi les habitats caractéristiques de la bande littorale comme les substrats de roches ou de moellons ou de macrophytes émergent (lits de végétaux) n'étaient pas représentés dans les principales explorations pour poissons et mollusques.
- Les pieds de macrophytes submergés n'étaient pas communs dans les zones explorées, et sont enregistrés comme une caractéristique associée aux substrats sablonneux et mixtes sablonneux.
- Les lits de coquilles recouvrent les substrats mous (sable, vase). Là où les lits de coquilles apparaissent, il s'agit normalement de zones plates et étendues. Les coquilles forment normalement d'épaisses couches, de telle manière que le substrat est normalement uniforme – ainsi il était habituellement enregistré comme 100% de coquilles. Il y a une communauté de poissons distincte associée à ces lits de coquilles de *Neothauma*; ainsi nous les avons classifiés comme une catégorie d'habitat séparée.

Pour les poissons, nous avons plus réduit le nombre de catégories d'habitats à juste quatre: lit de coquilles, sable, mixte (>10% sable, < 90% rocheux) and rocheux. Nous avons retenu les classifications ci-dessus pour les inventaires de mollusques, étant donné que la distribution des mollusques est liée beaucoup plus étroitement aux détails du substrat disponible localement.

8.4 Analyse des données de l'exploration de la biodiversité

L'objectif global immédiat des données sur l'exploration de la biodiversité est d'utiliser les estimations, ou les mesures de la biodiversité en vue de comparer la diversité des différentes zones. Celles-ci peuvent être des zones qui sont protégées ou non protégées, pêchées ou non pêchées, recouvertes de sédiments ou non, etc. Les estimations peuvent aussi être utilisées pour faire des estimations comparatives pour des types d'habitats similaires dans différents endroits du lac (par ex. Gombe, Mahale, Nsumbu). Une comparaison avec des explorations précédentes peut aussi s'avérer possible pour certains taxa, afin d'examiner les changements de diversité dans le temps.

En comparant les explorations ESBIO du PBLT avec les précédentes, il faut se rappeler que les explorations différentes peuvent avoir utilisé des techniques d'échantillonnage différentes, des efforts d'échantillonnage différents et même une taxonomie différente ! En procédant à de telles analyses comparatives, vous devriez toujours découvrir le plus possible la manière dont ces explorations ont été menées.

Les mesures possibles de biodiversité incluent la , les indices de diversité et les mesures y relatives telles que la proportion ou le nombre d'espèces endémiques, ou une plus grande richesse en taxa. Il y a aussi des mesures non-taxonomiques, telles que la diversité fonctionnelle et morphométrique, plus communément appliquée aux études en écosystème et aux analyses de structures des communautés de plantes. Il est nécessaire d'avoir des index ou des mesures de biodiversité pour répondre à des questions telles que:

- Parmi les parcs nationaux existants, quel est celui qui a la biodiversité de poissons la plus élevée ?
- La biodiversité des poissons est-elle plus élevée à l'intérieur des parcs que dans les zones sélectionnées qui ne sont pas actuellement protégées ?
- La biodiversité a-t-elle changé ces 10 dernières années ?
- Quelle est la partie de la zone littorale rocheuse du lac qui a la diversité la plus élevée en espèces ?
- Quelle est la méthode de gestion de la pêche qui a réussi le plus dans la conservation de la biodiversité?

- L'amélioration du contrôle de la pollution dans les industries de Bujumbura a-t-elle eu comme résultat l'augmentation de la biodiversité dans la Baie de Bujumbura ?

Notez que ces questions sont juste des exemples hypothétiques pour indiquer le genre de questions de gestion qui requièrent des indices de biodiversité pour y répondre.

Il est possible de mesurer la biodiversité de plusieurs manières.

Vous pouvez faire une distinction entre organismes sur base de leurs différences dans leur:

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • distribution biogéographique • écologie • composition génétique • morphologie • rôle dans l'écosystème | <p>Il y a des mesures des types de biodiversité suivants:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Biogéographique • Ecologique • Génétique • Morphologique • Fonctionnel |
|--|--|

Dans la pratique, la méthode la plus commune utilise une combinaison de mesures génétiques et morphologiques et utilise le système de classification (espèces, gènes, etc.). Il va sans dire que le système de classification est basé sur le fait qu'il est entendu que les différents taxa sont différents sur les plans morphologique et génétique.

Le présent projet utilise la diversité taxonomique en tant que mesure de diversité, mais il faut savoir pour l'avenir qu'il y a des gens qui utilisent les autres types de mesures de diversité susmentionnées. Les méthodes utilisées par l'ESBIO du PBLT figurent ci-après.

8.4.1 Richesse spécifique

Pour les explorations où les données sur l'abondance ou une relative abondance NE sont PAS collectées, les seules statistiques d'ensemble qui peuvent être produites sont des estimations de la. Ceci est tout simplement le nombre d'espèces collectées à un niveau donné d'effort d'échantillonnage.

Les avantages et désavantages de la richesse spécifique en tant que mesure sont indiqués dans le tableau ci-dessous:

Avantages	Désavantages
Une mesure intégrale de plusieurs éléments de biodiversité	Perte d'informations relatives à l'identité des espèces et absence d'informations sur la structure et la fonction écologiques
Relativement facile à mener à mesurer (les difficultés taxonomiques le permettant) et à expliquer à des non-spécialistes	Absence d'informations sur l'abondance relative des espèces
Comparable aux données existantes tirées de la documentation et des explorations antérieures	La comparabilité dépend, dans tous les cas, de l'adéquation de l'effort d'échantillonnage

En vue de comparer les estimations de la richesse spécifique entre zones (ou profondeurs, ou autre paramètre d'intérêt), vous devriez vous assurer que l'effort d'échantillonnage a été adéquat en vue de faire une comparaison appropriée.

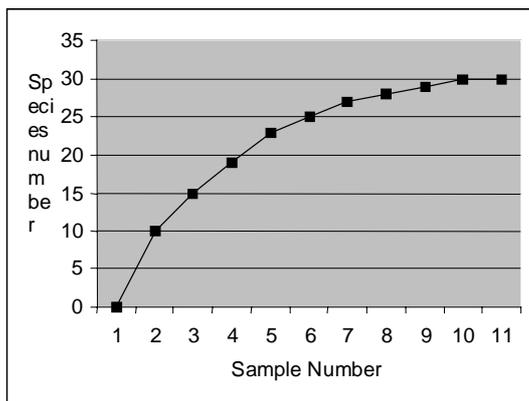
Il y a une méthode approximative, et plusieurs méthodes analytiques ou statistiques plus détaillées. Cela vaut la peine d'utiliser d'abord la méthode approximative décrite ici. Cela est mieux fait en faisant le graphe du nombre cumulatif d'espèces par opposition au nombre d'échantillons à l'intérieur d'une zone. Prenons un exemple là où vous avez effectué 10

mesurages d'inventaire visuel en position à 15 mètres de profondeur, à Mahale, et le même nombre d'inventaires à Nsumbu.

Vous sélectionnez un de vos dix sites au hasard, et comptez le nombre d'espèces. Ensuite, vous prenez au hasard le deuxième site, cette fois-ci en cherchant les espèces qui n'ont pas été trouvées sur le site n°2. Ensuite, vous répétez avec le site n°3, une fois de plus en notant le nombre d'espèces qui n'ont été trouvées ni sur le site 1 ou ni sur le site 2. Vous répétez jusqu'à ce que vous ayez une courbe d'accumulation des espèces pour tous vos sites.

Les résultats peuvent se présenter comme ceci (c'est juste un exemple hypothétique)

a) Mahale



b) Nsumbu

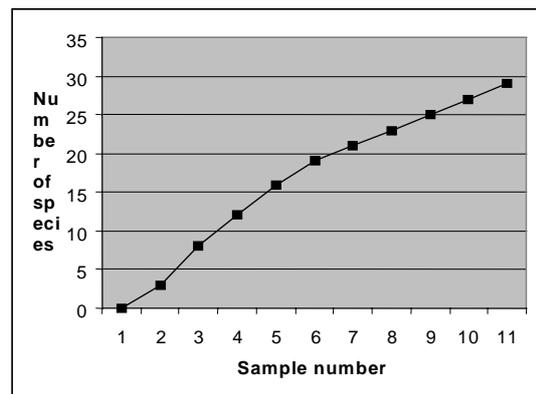


Figure 8.2 Un exemple hypothétique une courbe d'accumulation des espèces qui indique si l'effort d'échantillonnage a été adéquat (a) Mahale (b) Nsumbu

Dans le graphique (a), la courbe s'est stabilisée. Cela montre que si vous prélevez plus d'échantillons, vous ne pourriez pas probablement trouver plus d'espèces. Vous avez probablement prélevé assez d'échantillons de manière à pouvoir avoir une bonne estimation de la pour cet endroit.

Dans le graphique (b), la courbe ne s'est pas encore stabilisée. Cela montre que le fait de prélever plus d'échantillons peut probablement avoir comme résultat de trouver plus d'espèces. En d'autres mots, vous avez sous-estimé la vraie dans cet endroit.

Dans l'exemple (hypothétique) susmentionné, vous ne pourriez pas faire une comparaison valable de la entre deux endroits. Bien que votre effort d'échantillonnage ait été le même, celui fourni en vue de trouver la plupart des espèces ne l'était pas. Peut-être que dans ce cas hypothétique, les poissons sont répartis de manière plus inégale à Nsumbu, qu'il y a plus d'espèces rares, ou la densité des poissons plus basse, ou la plus élevée, ou qu'il y ait combinaison de tout ce qui est mentionné ci - haut ! Vous pourriez en arriver à la FAUSSE CONCLUSION que la richesse en espèces de poissons dans les lacs Mahale et Nsumbu est presque la même si compariez juste la richesse sans penser si l'adéquation de l'effort d'échantillonnage a été la même dans les deux cas. Dans ce cas, vous pourriez être obligé d'opérer un deuxième échantillonnage à Nsumbu avant de faire la comparaison.

Si, au lieu de cela, vous trouviez que vos courbes d'accumulation des espèces sont toutes dans la même tendance que dans le graphique (a), alors vous pourriez faire une comparaison valable et arriver à la CONCLUSION CORRECTE que la richesse spécifique à Nsumbu est plus élevée qu'à Mahale.

Veuillez encore une fois garder à l'esprit que l'exemple susmentionné n'est hypothétique !

Deux points importants:

- Tracez vos courbes de la cumulation des espèces avant de faire des analyses comparatives ;
- Vous devriez aussi tracer vos courbes la cumulation des espèces avant d'utiliser les indices de diversité pour comparer les sites.

Il y a deux problèmes avec la méthode ci-dessus. Premièrement, la forme de la courbe dépend souvent de l'ordre dans lequel les échantillons ont été choisis! Même si le choix au hasard permet d'éviter les biais, cela laisse pas mal d'erreurs. Vous pourriez faire l'exercice trois fois et trouver la forme de la courbe différente dans à chaque cas. Nous contournerons ceci en procédant à la sélection au hasard plusieurs fois (disons 100), et ensuite faire la moyenne des courbes qui en résultent. Il n'y a pas moyen de faire ceci à la main; ainsi nous utilisons pour cela un logiciel appelé 'ESTIMATES'.

'ESTIMATES' nous aide aussi avec notre deuxième problème – nous avons besoin de comparer la richesse, même si certains échantillons sont incomplets. Précédemment, une méthode appelée "raréfaction" était utilisée – ceci cherche à déterminer combien d'espèces seraient représentées si la taille des échantillons était égale à celle de l'échantillon le plus petit dans le lot de données sous comparaison. Ceci veut dire jeter pas mal de données! A la place de ceci, nous préférons utiliser des méthodes qui adaptent un modèle statistique à la courbe moyenne des espèces cumulées, et extrapoler la "vraie" richesse spécifique. Nous pouvons utiliser cette "vraie" richesse spécifique estimée comme la base de nos comparaisons entre zones, habitats ou profondeurs. Plus de détails sur le modèle et le logiciel 'ESTIMATES' sont données le rapport technique final de ESBIO (Chapitre 2) et dans Tableau 8.2.

Tableau 8.2 Résumé des principales caractéristiques du logiciel 'estimates'

ESTIMATES 5: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples
By Robert K. Colwell. Version 5.0.1 (December 1997).

Estimates website: <http://www.Viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>
Email: colwell@uconnvm.uconn.edu

Estimates 5 computes randomized species accumulation curves, statistical estimators of true species richness, and a statistical estimator of the true number of species shared between pairs of samples, based on species-by-sample (or sample-by-species) incidence or abundance matrices. Estimates 5 also computes Fisher's alpha and the Shannon and Simpson diversity indices for each sample, as well as the Morista-Horn index of biotic similarity between samples. A user manual and the software itself can be downloaded free of charge from the website given above. Most of the techniques used are described in:

Colwell, R.K. & J.A. Coddington, 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society (Series B)* 345, 101-118.

(This publication was is in the LTBP library in Kigoma, so should be available regionally)

For analysis of adequacy of sampling effort, and the estimation of 'true' species richness (subject to sampling gear selectivity effects) we suggest using ESTIMATES to compare randomised species-accumulation curves using the appropriate species richness estimators, rather than the Coleman (rarefaction) curve. In addition to the MM and Chao estimators, We have used both Incidence-based and Abundance-based estimators. For the RVC and mollusc survey data, only the Incidence-based estimators are used (although beware: abundance-based estimates will be computed automatically as well, even if the data is only 'presence' data).

To see if sample sizes were adequate to obtain unbiased diversity indices, we recommend you examine the 'ESTIMATES' data output for each successive sampling size. If the indices are reaching an asymptotic value as you add successive samples, then you have sampled adequately and have an unbiased index. Beware of indices that are based on small sample sizes.

8.4.2 Calculs et comparaisons des indices de diversité

Il y a plusieurs types d'index de diversité, mais ils ont tous la même idée de base: ils incorporent les mesures et du nombre de taxa (par ex. espèces) et de celui d'individus de chaque espèce dans l'échantillon. Aucun des indices disponibles n'est idéal, et tous ont été développés à d'autres fins. Malgré ces réserves, il demeure utile de calculer les indices de diversité en tant que mesure de biodiversité récapitulative, mais vous ne devriez pas les calculer sur base de méthodes d'échantillonnage différent, ou sur base de groupes taxonomiques différents. Par ex. un index de diversité combinée dérivée d'une combinaison d'inventaires par filets maillant, d'inventaire visuel en position et de dragage des mollusques n'est pas particulièrement utile ni comparable.

Pour le moment, les données d'explorations appropriées pour calculer les indices de diversité sur les poissons sont celles des inventaires par filets maillant et des inventaires visuels en position (séparément). En fonction de ce que vous désirez comparer, vous pourriez grouper ensemble les profondeurs, ou calculer les profondeurs séparément, ou comparer les sites chacun pris séparément dans une zone avant de les rassembler aux fins d'une comparaison à l'intérieur d'une zone. Comme dans toutes les analyses, la procédure exacte dépendra de la nature des questions auxquelles vous voulez répondre.

L'index le plus courant est diversement connu comme l'index Shannon, Shannon-Weaver, ou Shannon-Weiner

$$H' = \sum_{i=1}^k p_i \log p_i$$

où k = le nombre d'espèces et p_i est la proportion du nombre total d'individus dont les échantillons ont été prélevés dans chacune des espèces i . Pour les logarithmes, vous pouvez utiliser soit la base 10, les logarithmes naturels ou la base 2. Vous verrez tous les trois utilisés dans la documentation. Pour le présent projet, nous nous en tiendrons à l'utilisation de la base log 10.

Pour vous épargner de devoir calculer les proportions, vous pouvez calculer l'index de diversité Shannon-Weiner directement à partir de la dimension des échantillons et de la fréquence de chaque espèce.

$$H' = \frac{n \log n - \sum_{i=1}^k f_i \log f_i}{n}$$

H' est connu pour être une sous-estimation de la population échantillonnée, mais cette tendance baisse avec l'augmentation de la dimension des échantillons.

Une fois que vous avez calculé un index de diversité pour un échantillon ou un ensemble d'échantillons, vous pouvez songer à faire des comparaisons d'indices de diversité entre deux sites différents ou plus. Il y a un test statistique pour la comparaison des indices de diversité qui est similaire au test -t bien connu.

$$t = \frac{H_1' - H_2'}{S_{H_1-H_2}}$$

En paroles, l'équation susmentionnée traduit la différence entre les deux indices calculés divisée par l'erreur standard de la différence.

$$S_{H_1-H_2} = \sqrt{s_{H_1}^2 - s_{H_2}^2}$$

L'erreur standard de la différence est la racine carrée de la différence entre les variations de chaque index de diversité:

La variation de chaque index de diversité est calculée à partir de:

$$s_{H'}^2 = \frac{\sum f_i \log^2 f_i - (\sum f_i \log f_i)^2 / n}{n^2}$$

\log^2 signifie que vous enregistrez le nombre, ensuite ce logarithme-là !

Ainsi, nous avons nos variances, afin que nous puissions calculer l'erreur standard, et nous nos indices de diversité. Nous pouvons par conséquent trouver la solution pour t . Ceux qui ont fait de la statistique avant auront à l'esprit que vous devez tenir compte de la valeur calculée de t , et la comparer avec une valeur critique appropriée. Cela est fait en utilisant les tables t qui se retrouvent à la fin de tous les manuels de statistique. Mais, avant de procéder à cela, vous devez connaître les degrés de liberté appropriés pour le test t . Vous pouvez calculer les degrés appropriés de liberté à partir de:

$$v = \frac{(s_{H_1}^2 - s_{H_2}^2)^2}{\frac{(s_{H_1}^2)^2}{n_1} + \frac{(s_{H_2}^2)^2}{n_2}}$$

Dans tous les cas, l'hypothèse nulle que vous êtes en train de tester est que les deux indices de diversité sont les mêmes, et l'hypothèse alternative est qu'ils sont différents. Vous pouvez tester les deux hypothèses à une inconnue et à deux inconnues (càd. que vous pouvez spécifier à l'avance si vous voulez dire qu'un index est plus grand ou plus petit que l'autre, ou si vous voulez juste dire qu'ils sont différents. Utilisez partout la limite de confiance de 95%. L'hypothèse nulle est rejetée si la valeur calculée de t excède la valeur critique des tables.

Le seul problème avec le test statistique susmentionné est que vous pouvez seulement comparer des paires de zones. Il n'y a pas de test multi-échantillon (bien que vous puissiez trouver certaines gens qui ont fait une Analyse de Variance sur ces données, même si cela n'est pas valable). La meilleure manière de procéder à ces comparaisons multiples avec les tests t décrits ci-haut est d'ajuster le niveau de signification de chaque test, en utilisant l'approximation Bonferroni. La plupart des manuels de statistique vous renseigneront sur la manière de procéder.

Comme mentionné ci-haut, l'index de diversité Shannon-Weiner ne constitue pas la mesure idéale de biodiversité. En fait, ce qu'il mesure, c'est l'incertitude avec laquelle nous pouvons prédire les espèces de l'individu suivant dans l'échantillon.

Qu'est-ce que ça signifie ?

Si nous prenons un échantillon de 100 individus et ne trouvons que trois espèces, nous pouvons alors être presque certains que l'individu suivant que nous prenons comme échantillon correspondra à l'une des trois espèces. Par conséquent notre incertitude sur la nature de l'espèce à laquelle il appartiendra sera relativement petite, et notre index de diversité calculée est bas.

Si, d'autre part, nous avons pris un échantillon de 100 individus et trouvé 38 espèces, il sera alors très difficile de prédire l'espèce à laquelle appartiendra le 101^{ème} individu. Ça pourrait être l'une des 38 que nous avons, ou pourrait appartenir tout aussi bien à une toute autre. Notre incertitude est grande, de même, notre index Shannon-Weiner est élevé. Ceci reflète la diversité spécifique la plus élevée.

Une autre petite difficulté à comprendre est pourquoi, lorsque nous avons deux échantillons avec le même nombre d'espèces (spécificité), celui qui accuse la plus grande "régularité" est celui qui est le plus diversifié. La régularité est une mesure permettant de savoir à combien se chiffre le nombre d'individus dans chaque espèce.

Une fois de plus, si vous y réfléchissez, cela devient plus clair. Supposez que vous avez 10 espèces représentées dans 100 individus, mais dont 90 d'entre eux appartiennent à une espèce, et les autres étant représentés que par un individu. Si vous avez pris un échantillon d'un autre individu, il y a de fortes chances qu'il appartiendra aux espèces auxquelles appartiennent les 90 individus sur lesquels un échantillonnage a déjà été opéré. Quant à déterminer l'individu, l'incertitude est petite, et de ce fait l'index de diversité est petit.

Cependant, si vous aviez 10 espèces chacune représentée par 10 individus, le 101^{ème} individu peut tout aussi bien appartenir à n'importe laquelle des 10 espèces et vous ne pouvez pas être très sûr laquelle. L'incertitude est plus grande, et par conséquent l'index de diversité calculée est plus élevé.

La sensibilité de H' tant pour la spécificité que pour la régularité peut être vue aussi bien comme un avantage qu'un désavantage. L'index est relativement insensible à la présence de peu d'individus d'espèces rares dans de grands échantillons. Cependant, il est sensible à de grandes différences en abondance. Un échantillon contenant un grand nombre d'individus appartenant à une espèce comportera toujours un index de diversité bas. C'est la raison pour laquelle le poisson juvénile a été exclu des inventaires visuels en position - du fait de leurs tendances négatives sur les indices de diversité calculée.

Ce biais fait que l'indice est utile pour des études orientées vers le suivi des changements dans la structure de communautés, probablement en réponse à la pollution. Il est moins utile comme une mesure de la diversité dans la comparaison de zones dans des études sur la valeur pour la conservation, où les espèces rares (celles avec peu d'individus dans beaucoup d'échantillons) sont potentiellement importantes.

Il y a d'autres indices de diversité qui utilisent le même principe. L'indice de Simpson mesure l'augmentation du nombre d'espèces par individu sur lequel un échantillonnage a porté:

$$D_v = \sum_{i=1}^k \frac{1}{p_i^2}$$

Tous les indices de diversité sont sensibles à la taille de l'échantillon. Pour tester le sous échantillonnage, vous pouvez regrouper l'index basé sur un seul échantillon, puis deux échantillons, puis trois échantillons provenant de la strate d'échantillonnage que vous voulez caractériser. Si les index continuent à changer, vous savez que votre échantillon global est trop petit. Une fois stabilisé (quand il ne change plus beaucoup en ajoutant plus d'échantillons) vous savez que vous avez un échantillon de taille suffisante. Ceci peut être fait sur un tableur, mais il est plutôt laborieux. Vous pouvez aussi le faire dans le packet de logiciels 'ESTIMATES' (voir Tableau 8.2).

8.4.2.1 Diversité alpha, bêta et gamma.

La diversité des échantillons appartenant tous à la même communauté est habituellement citée comme la diversité alpha. Tous les indices de diversité et les mesures de susmentionnées sont des estimations de la diversité alpha.

Les différences de diversité entre différentes zones ou communautés sont connues sous le terme de diversité bêta. Les procédures susmentionnées de test des différences entre zones sont des mesures indirectes de diversité bêta.

La diversité gamma mesure le degré d'intervention des équivalents écologiques en tant que substitutions allopatriques à travers un type d'habitat COMPARABLE, à travers un transect géographique (par ex. du nord jusqu'au sud dans le lac).

Les diversités Bêta et Gamma deviennent importantes lorsque nous commençons à penser aux stratégies de conservation et à la notion de COMPLEMENTARITE lorsque l'on étudie la conception des zones de conservation.

8.4.3 Complémentarité, rareté, endémisme: critères de biodiversité pour la planification de la conservation.

Bien que les indices de la et de diversité fournissent des résumés utiles à des fins comparatives, vous perdez les informations relatives aux genres d'espèces impliquées. Cela laisse aussi à des suppositions laissant croire que toutes les espèces sont égales sur le plan de la valeur de conservation. En pratique, il existe un nombre de considérations autres que la richesse ou la diversité qui sont importantes pour prendre des décisions concernant la conservation. Les plus importantes sont les suivantes:

- **Endémisme** - un nombre élevé d'endémie est certainement une considération majeure pour décider de la valeur de conservation.
- **Rareté** - espèces peu étendues, types d'habitat spécialisés, ou dimensions de population petites (ou tous les trois). Ces espèces qui peuvent être vulnérables jusqu'à l'extinction, peuvent être considérées comme d'une plus grande valeur en termes de conservation plus que les espèces habituelles. Dans la plupart des cas, nous ne connaissons pas grand chose sur la répartition et les dimensions de la population des organismes du lac Tanganyika aux fins d'identifier de manière fiable les espèces rares, mais cela peut s'appliquer à certains oiseaux d'eau, ou d'amphibiens associés au lac, reptiles ou mammifères. Ceux-ci sont actuellement explorés par l'équipe de biodiversité, mais cela peut faire partie des explorations futures.
- **Rayon limité ou discontinu** - Certaines espèces, même si elles sont assez répandues, peuvent ne pas être trouvées partout dans le lac. Ceci peut être le cas parce qu'elles sont associées à des types d'habitat particuliers qui se trouvent seulement dans certaines parties du lac, ou parce que les barrières à la spéciation dans le lac et son historique d'évolution ont conduit à la présence d'espèces très localisées. En concevant un réseau de sites de conservation, une considération majeure qui vient alors à l'esprit est la suivante:

Quel est le "réseau" de sites inclue le plus d'espèces ?

Il est utile de commencer par prendre en considération que l'inclusion d'une grande proportion de toutes les espèces dans le lac dans un réseau de sites protégés va requérir l'inclusion de tous les différents types d'habitats dans ce réseau de sites protégés. Ceci s'explique du fait que chaque type d'habitat dispose de son propre assemblage d'espèces, de manière que si vous ratez un type d'habitat (par ex. une côte sablonneuse), vous ne parviendrez pas alors à inclure toutes les espèces associées à cet unique type d'habitat.

Les données Manta et des profils nous permettent de voir si oui ou non tous les principaux types d'habitats du lac n'ont pas été inclus dans les sites protégés prévus, ou quel est le genre de sites qui devrait être ajouté à ceux qui sont déjà protégés.

Il y a une forme d'analyse appelée analyse de complémentarité.

par ex. Prenez quatre sites et huit espèces réparties comme suit:

Site n°1	Site n°2	Site n°3	Site n°4
A	D	A	A
B	F	B	B
C	G	C	C
D		E	E
E			H

Si vous deviez prendre au hasard rien que deux sites, pour protéger le maximum d'espèces, quels sont les deux que vous prendriez ?

Si vous utilisiez les seuls critères de , vous prendriez les sites 1 et 4 puisqu'ils ont la plus grande ou diversité. Ce qui ne protégerait que six des huit sites.

Cependant, si vous prenez les sites 2 et 4, vous pourriez inclure toutes les huit espèces incluses dans votre réseau de sites protégés, bien que le site n° 2 n'ait que la plus basse . Comme ensemble, les sites 2 et 4 ont la PLUS HAUTE COMPLEMENTARITE par rapport à n'importe quel pair de sites.

Evidemment, les choses deviennent beaucoup plus compliquées si vous avez affaire à un plus grand nombre de sites, et de grands nombres d'espèces et des logarithmes informatisées pour la recherche et la comparaison de richesses spécifiques doivent être employés. A présent, les analyses peuvent être faites manuellement, avec un petit groupe de personnes. Plus de détails sont donnés dans le rapport technique final de ESBIO

Il faut aussi noter que la valeur de biodiversité ne peut pas être le seul critère de sélection des sites à protéger. Le potentiel pour le tourisme, les frais d'établissement et de fonctionnement, la faisabilité de la mise en application des mesures de conservation, le degré de la menace contre la diversité, les effets socio-économiques de la création d'une réserve doivent tous être pris en compte comme partie d'un processus intégré de planification des parcs.

8.5 Résumé

Rappelez-vous que les analyses comparatives devraient toujours chercher la réponse à une question particulière de gestion ou conservation. Si vous ne pouvez pas penser à cette question à l'avance, il ne faut pas faire l'analyse !

Vérifiez pour voir si la dimension de votre échantillon était adéquate dans tous les cas avant de faire des comparaisons. Les courbes d'accumulation des espèces sont la meilleure manière de le faire

Les comparaisons de biodiversité devraient se faire soit entre échantillons groupés et prélevés dans tous types d'habitat, ou seulement entre échantillons prélevés dans des types d'habitats comparables. Il n'est guère particulièrement intéressant de faire une comparaison de la diversité de poissons entre un site sablonneux et un site rocheux dans la même zone. Cela vous dira que les communautés de poissons dans les zones rocheuses sont plus diversifiées que celles des

zones sablonneuses. Vous le saviez probablement déjà.

Là où vous pouvez prélever des échantillons sur la seule spécificité (pas de sites d'abondance relative), vous pouvez utiliser ces valeurs, corrigées pour différents efforts relatifs d'échantillonnage, pour faire des comparaisons quantitatives de la diversité dans différents secteurs.

Là où vous pouvez faire des échantillons tant sur la richesse que sur l'abondance relative, vous pouvez utiliser les tests t de différence entre deux indices de diversité pour comparer les échantillons

Les mesures de diversité et de richesse, spécifique, bien qu'utiles pour les analyses comparatives, ne renseignent pas sur la nature des espèces qui sont présentes, tout comme elles ne différencient pas les types d'espèces. Elles supposent que toutes les espèces sont égales, et ne tiennent pas compte de diversité taxonomique de plus haut niveau. Par ex. – un site avec deux espèces de *Grammatotria*, avec une abondance égale, aura le même indice de diversité qu'un site avec une espèce de *Grammatotria* et une espèce de *Trematocara*, même si leur "biodiversité" est différente.

En regardant les espèces trouvées pour le moment dans chaque site, vous pouvez inclure d'autres considérations pour la planification de la conservation telles que les espèces rares, endémiques ou charismatiques.

En regardant les espèces trouvées pour le moment dans chaque site, vous pouvez inclure d'autres considérations pour la planification de la conservation telles que les espèces rares, endémiques ou charismatiques.

La complexité des habitats et la diversité écologique peuvent être utilisées pour tirer des conclusions sur la diversité des espèces. En l'absence d'explorations sur la diversité des espèces, elles peuvent être des apports utiles dans la planification de la conservation, surtout si vous avez été capable d'établir le lien habitat-type: associations de communautés biotiques.

Les critères de biodiversité ne sont pas les seuls facteurs à prendre en considération lors de la planification des stratégies de conservation.

SECTION 9. PROGRAMME DE SUIVI A LONG TERME

Un objectif clé de ESBIO est de “développer un programme durable de suivi de la biodiversité”. Ceci reconnaît que, alors que les résultats du programme d'échantillonnage de ESBIO ont informé la première version provisoire du Programme d'Action Stratégique (PAS), les apports de ESBIO aux versions futures devraient être basés en partie sur des données collectées comme dans le cadre d'un programme de suivi à long terme approprié.

9.1 Critères pour la sélection des Sites pour le Suivi

Etant donné l'accent donné à la durabilité, il a été décidé quatre sites dans chaque pays devraient être suffisant pour récolter des données utiles, sans imposer une charge excessive sur les institutions de mise en œuvre.

Il a été convenu que la composition devrait inclure:

- Un site de contrôle établi dans une zone relativement à l'écart des impacts anthropiques.
- Trois autres sites affectés par une ou plusieurs parmi les principales menaces à la biodiversité.

Les autres critères qui furent considérés furent:

- Les sites affectés devraient être localisés à des endroits où les conditions sont considérées comme étant à un stade de transition entre les situations vierge et dégradées ou vice versa, de telle sorte que des changements dans la biodiversité soient enregistrés dans le contexte de changements dans les degrés de pollution, de sédimentation ou d'effort de pêche.
- La gamme des principaux types d'habitats trouvés dans le lac devrait se refléter dans les sites sélectionnés.
- Les sites devraient être accessibles par véhicule ou par bateau en toutes saisons pour être sûr que le suivi peut avoir lieu tout au long de l'année.
- Les sites devraient se trouver le plus près possible de la base de recherche, pour éviter les coûts excessifs associés aux voyages sur de longues distances et le besoin de loger les chercheurs en dehors de leur base.

9.2 Emplacement des Sites

La sélection finale des sites a été faite en consultation avec les autres études spéciales pour s'assurer qu'elles incluent les mêmes sites dans leurs programmes, et ainsi réaliser l'objectif d'un suivi conjoint. La liste des sites pour chaque pays avec leur emplacement, menaces à la biodiversité et l'institution suggéré pour le suivi conjoint est donnée dans Tableau 9.1.

9.3 Techniques pour le Suivi

A chaque site de suivi, les transects pour les inventaires devraient être marqués d'une manière permanente, avec des rochers peints ou des piquets en fer, pour s'assurer que les échantillonnages sont effectués exactement au même emplacement à chaque occasion.

Les techniques utilisées seront les mêmes que celles utilisées pour étudier les zones de protection existantes ou potentielles, comme soulignées dans la Tableau 3.2. Une répétition de chaque des technique devrait être effectuée au cours de chaque période d'échantillonnage. En résumé:

Dans des zones où la plongée est réalisable, les techniques suivantes seront employées:
Profil des Habitats, SVC, RVC, Inventaire des Mollusques, Filets maillants de nuit.

A des sites pour la visibilité est insuffisante et où la plongée est dangereuse, les techniques suivantes sans plongée devraient être utilisées: Habitats avec Grappin, Drague pour Mollusques, Filets maillants de jour et nuit.

Tableau 9.1 Sites sélectionnés pour le suivi à long terme dans chaque pays riverain

	Emplacement	Lat/long	Menace à la biodiversité	Institution conjointe pour le suivi
<i>Burundi</i>	Gatororongo Site A	03° 37' 44" S 029° 20' 30" E	Nul – site de contrôle	Nul
	Gatororongo Site B	03° 37' 57" S 029° 20' 27" E	Sédimentation – glissements de terrain	DGGM, Bujumbura (équipe sédimentation)
	Ntakangwa embouchure	03° 22' 34" S 029° 20' 30" E	Pollution – industrielle, domestique (nutriments)	INECN, Bujumbura (équipe pollution)
	Nyamugari Village	03° 33' 02" S 029° 20' 17" E	Pêche – Seines de plage	DEPP, Bujumbura (observateurs de plage)
<i>RD Congo</i>	Luhanga	03° 26' 01" S 029° 07' 51" E	Contrôle	Nul
	Kalimabenge embouchure	03° 25' 12" S 029° 08' 25" E	Sédimentation – décharge de matière en suspension	CRH, Uvira (équipe sédimentation)
	Kalundu Port	03° 31' 24" S 029° 08' 57" E	Pollution – industrielle et transport	CRH, Uvira (équipe pollution)
	Bangwe Plage	03° 34' 09" S 029° 09' 02" E	Pêche – seine de page	DP, Uvira (observateurs de plage)
<i>Tanzania</i>	Plage de Jacobsen	04° 54' 35" S 029° 35' 52" E	Contrôle	Nul
	Hilltop Falaise, Kigoma	04° 53' 08" S 029° 36' 45" E	Pollution – égouts, industrielle fuites de carburant	TAFIRI, Kigoma (équipe pollution)
	"TT" Kigoma	04° 53' 10" S 029° 36' 46" E	Pollution – égouts, industrielle fuites de carburant	TAFIRI, Kigoma (équipe pollution)
	Kahama Sud (Gombe NP)	04° 41' 25" S 029° 37' 06" E	Pêche – Filets maillants	DoF, Kigoma (observateurs de plage)
<i>Zambia</i>	Katoto	08° 47' 86" S 031° 01' 27" E	Contrôle	Null
	Lunzua River embouchure	08° 44' 20" S 031° 10' 02" E	Sédimentation – décharge de matière en suspension	DoF, Mpulungu (équipe sedimentation)
	Samaki Fisheries,	08° 46' 07" S 031° 06' 34" E	Pollution – industrielle et domestique	DoF, Mpulungu (équipe pollution)
	China Beach, Mutondwe Is.	08° 43' 20" E 031° 07' 42" E	Pêche – Senne de plage	DoF, Mpulungu (équipe de suivi des prises)

9.4 Organismes (vivants) pour le Suivi

Comme souligné dans la Section 3.2, les poissons et les mollusques sont les groupes taxonomiques qui ont été sélectionnés par ES BIO pour usage comme Substituts de la Biodiversité Totale dans le programme de suivi. Pour le suivi à long terme, un sous-échantillon de chaque groupe a été sélectionné. Ces espèces pour le suivi ont été choisies sur base des critères suivants, avec des espèces représentatives prises dans le spectre complet des associations trophiques.

- Faciles à identifier
- Présentes à travers tout le lac
- Relativement communes dans des habitats spécifiques
- Relativement sédentaires sur un territoire habitat de petit étendue
- Non cryptiques tant dans la coloration que dans le comportement.

Des espèces supplémentaires avec des répartitions plus restreintes peuvent être ajoutées aux listes de chaque pays si elles remplissent les autres exigences comme indiqué plus haut.

9.4.1 Liste des espèces de poissons recommandées pour le suivi (observations en plongée)

Dans la liste ci-dessous, les espèces de poissons sont groupées en fonction des principaux types d'habitats.

9.4.1.1 Habitats de Côtes Rocheuses

Cichlidés

Altolamprologus compressiceps	Lamprologus lemairei
Perissodus microlepis	Telmatochromis dhonti
Cyphotilapia frontosa	Lepidiolamprologus elongatus
Petrochromis polyodon	Telmatochromis temporalis
Cyprichromis sp	Lobochilotes labiatus
Plecodus paradoxus	Telmatochromis vittatus
Eretmodus cyanosticus	Neolamprologus brichardi
Spathodus marlieri	Tropheus moorii
Haplotaxodon microlepis	Neolamprologus furcifer
Tanganicodus irsacae	Ophthalmotilapia nasuta (males)
Julidochromis marlieri	Ophthalmotilapia ventralis (males)
Telmatochromis bifrenatus	

Non Cichlidés

Lamprichthys tanganicus	Synodontis multipunctatus
Afromastacembelus moori	

9.4.1.2 Habitats de substats Mixtes et mous (sable, vase, végétaux)

Cichlidés

Boulengerochromis microlepis	Ctenochromis horei
Lepidiolamprologus cunningtonni	Limnotilapia dardenii
Callochromis pleurospilus	Cyatopharynx furcifer
Lestradia perspicax	Neolamprologus mondabu

Ectodus descampsi
Neolamprologus tetracanthus
Gnathochromis pfefferi
Simochromis diagramma
Grammatotria lemairii

Xenotilapia ochrogenys
Lamprologus callipterus
Xenotilapia sima
Lepidiolamprologus attenuatus

Non Cichlidés

Lates sp

Acapoeta tanganicae

9.4.1.3 Habitats de Coquilles

Lamprologus callipterus
Neolamprologus brevis

Neolamprologus ocellatus

9.4.2 Liste des espèces de mollusques recommandées pour le suivi

9.4.2.1 Habitats de Côtes Rocheuses

Lavigeria grandis
Lavigeria paucicostata
Lavigeria sp. A
Novus Genus new sp.

Novus Genus spinulosa
Reymondia horei
Spekia zonata
Stormsia minima

9.4.2.2 Habitats de Substats Mixtes et Mous (sable et vase)

Limnotrochus thomsoni
Paramelania crassigranulata
Paramelania imperialis
Paramelania iridescens
Stanleya neritinoïdes

Syrnolopsis minuta
Tanganyicia rufofilosa
Neothauma tanganyicensis (non thiaride)
Mutela spekia (bivalve)

9.4.2.3 Habitats de Coquilles

Reymondia horei
Nov. gen. n. sp.

9.5 Indicateurs biologiques

Pour améliorer le programme de suivi, particulièrement en ce qui concerne les échantillonnages conjoints avec les équipes qui enregistrent les changements environnementaux, il est espéré que des espèces appropriées comme indicateurs biologiques seront identifiées dans le futur. Ades techniques appropriées peuvent alors être incorporées dans le programme d'échantillonnage (voir Section 3.3).

SECTION 10. ANNEXE 1 – UN GUIDE DE BONNE PRATIQUE POUR CHERCHEURS VISITEURS

Les chercheurs visiteurs qui souhaitent se servir du PBLT ou toute autre parmi les institutions nationales pour faciliter leur recherche et déplacer du matériel biologique de la région devraient prêter attention aux directives suivantes, largement acceptées comme de “bonne pratique”, tant sur le plan légal que sur le plan éthique.

Un Code de pratique pour les Collecteurs de Matériel Biologique ²

Un collecteur visiteur devrait:

- Faire des arrangements pour travailler avec un(des) scientifique(s) et une(des) institution(s) locale (aux)
- Respecter les règlements du pays hôte; par exemple en entrant avec le visa approprié, et observer aussi bien les règlements nationaux et internationaux pour l'exportation de spécimens biologiques, la quarantaine, les exigences de licences de la CITES, etc.
- Conclure un accord officiel (par un échange de lettres soigneusement rédigées, ou par des *Accords de Recherches* plus élaborés, *Déclarations d'Intention de Collaborer*, etc.) avec les gestionnaires du site et/ou du département gouvernemental concerné qui comprendra l'autorisation de récolter à la fois dans les parcs nationaux ou aires protégées et ailleurs.
- Lors de l'élaboration du budget (et de la demande) d'un voyage d'étude ou d'une bourse pour expédition, incluez des dépenses égales en faveur des partenaires locaux et un montant destiné à couvrir les frais pour traitement des spécimens de musée et d'autres dépenses pour la visite à l'institut hôte.
- Là où l'équipement à utiliser pour le programme scientifique proposé est difficile à obtenir dans le pays hôte, envisager d'en faire donation au département approprié.
- Laisser à l'institut un jeu complet de doubles de spécimens dûment étiquetés avant de quitter le pays. Quand du matériel doit être laissé sans identification (par ex. une éventuelle nouvelle espèce) envoyer les déterminations à l'institut hôte le plus vite possible.
- Assurez-vous que les “spécimens type” de nouvelles espèces décrites comme résultat de la recherche sont déposés dans le Musée National ou Herbarium du pays d'origine.
- Informer les dépositaires des collections nationales dans le pays d'origine sur l'endroit où doivent être déposés les duplicata des spécimens.
- N'exploitez pas les ressources naturelles du pays hôte en soustrayant les produits biologique de grande valeur; par exemple en récoltant sans permission des plantes ayant un potentiel horticole, médicinal, culturel, et autre valeur économique.
- Lorsque cela est possible, et avant votre visite, obtenez une liste des espèces rares et en danger dans le pays visité, et familiarisez-vous avec leur identité; récoltez ces espèces uniquement pour un objectif précis, et alors avec permission.
- Informez l'institution hôte ou organisation appropriée de la localisation de toute espèce rare ou en danger qui est trouvée. Laissez des photographies/diapositives qui relatent votre

² Source: Jermy, Long, Sands, Stork, Winser (Eds) (1995). Biodiversity Assessment: a guide to good practice. Department of the Environment/HMSO, London

enregistrement.

- Ne collectez pas plus de matériel que strictement nécessaire; récoltez des boutures ou des graines de spécimens de plantes vivantes plutôt que déraciner des plantes entières; récoltez des morceaux plutôt que des organismes entiers, chaque fois que possible, pour les spécimens marins.
- Collectez des coupons de référence des spécimens identifiés pour tous les produits biologiques (ex. textiles) à exporter.
- Envoyer des copies de rapports de recherche et de publications au(x) collaborateur(s) et institut(s) hôte(s). Publiez dans des journaux du pays hôte et utilisez la langue officielle de ce pays ou des publications conjointes chaque fois que possible.
- Remerciez tous les collaborateurs et institutions hôtes dans les rapports de recherche et les publications.
- Ne récoltez pas de matériel pour raisons commerciales ou autre développement à moins qu'il y ait un Accord avec le pays hôte.

SECTION 11. ANNEXE 2 – PRESERVATION AND CONSERVATION DE SPECIMENS ECHANTILLONNES

Comme l'identification de la plupart des groupes ne sera pas possible in situ, des échantillons seront préservés et traités au laboratoire. Lors de courtes sorties sur le terrain, il peut être possible de ramener des organismes vivants au laboratoire pour une identification plus facile, mais dans la plupart des cas des échantillons devront être préservés pour une identification ultérieure.

11.1 Préservation des échantillons obtenus aux filets maillants

Il est recommandé de collecter et de préserver, pour chaque espèce ou population, un maximum de 5-6 spécimens afin d'être en mesure de décrire les variations morphologiques. Des spécimens peuvent être préservés dans des récipients contenant une solution d'éthanol à 70%. Une bonne photo des espèces sur terrain devrait aussi être prise au but d'évaluer la coloration des poissons vivants. Les échantillons des groupes comme *Synodontis*, *Tropheus*, *Julidochromis*, *Protopterus*, *Labeo*, *Phyllonemus*, *Eretmodini*, *Afromastacembelus*, *Xenotilapia* par ex. et beaucoup des groupes fluviatiles sont particulièrement intéressants pour des études taxonomiques futures.

11.2 Méthodes de Préservation pour Invertébrés

Tableau 11.1 (d'après De Pauw & Vannevel, 1991) ci-dessous donne les méthodes suggérées pour préserver différents groupes d'invertébrés.

11.3 Rangement au Musée

Tous les échantillons, matériel trié ou non, doivent être étiquetés correctement, catalogués et rangés dans une collection. Ses collections ont besoin de soins continus pour prévenir la dessiccation, les dommages causés par les champignons ou les bestioles des musées, etc.

Les étiquettes doivent être résistantes à l'eau (ou résistantes aux autres liquides utilisés) quand elles sont placées dans les conteneurs, ou collées correctement, pour qu'elles ne puissent pas se dissoudre ou se détacher. L'inscription sur l'étiquette doit être permanente (crayon ou encre de Chine). Les étiquettes doivent comprendre: le nom de l'espèce, le nom de la localité (si possible avec les coordonnées), la date de la récolte et le récolteur, un ou plusieurs codes d'identification qui se réfèrent alors à des catalogues dans lesquels des informations plus détaillées sont enregistrées.

Les conteneurs doivent être assez grands pour la taille des spécimens et de l'échantillon. En général, ils devraient y avoir un liquide de préservation d'un volume au moins double de celui des spécimens ou de l'échantillon. Les couvercles doivent très bien tenir, mais le niveau des liquides devrait être vérifié chaque année pour prévenir la dessiccation.

Les catalogues doivent contenir toutes les informations pertinentes en rapport avec les spécimens et les échantillons dans une collection. Toutes les données entrées doivent se référer par code à la place de collection appropriée, de telle manière que l'échantillon peut être retiré avec un minimum d'effort. Les catalogues peuvent être un livre, un répertoire par cartes ou (de préférence) un fichier informatique, mais dans tous les cas, des copies devraient être faites et conservées à une place différente de l'original. Les informations dans les catalogues devraient répéter les informations sur les étiquettes, mais devraient aussi contenir des données additionnelles comme mensurations et descriptions d'habitat, coordonnées et altitude de localité, références croisées avec d'autres taxa du même échantillon, etc.

Si possible, les résumés des collections disponibles devraient être expédiés aux sites web appropriés de l'internet.

Tableau 11.1 Les méthodes suggérées pour préserver différents groupes d'invertébrés

Groupe animal	Fixation	Préservation
Hydrozoa	menthol; propylène- phénoxetol 1%; formol 20%	formol 10%; EtOH 70%
Plathélminthes	Observer vivant; mettre des gouttes du liquide de Steinmann* sur les specimens, rincer avec EtOH 30%	EtOH 70-90%
Oligochaeta	EtOH 5-10%; propylènephénoxetol 1%	formol 4%; EtOH 70%
Nematoda	chaud (70°C) formaline 4%	formaline 4%
Hirudinea	Eau gazeuse, suivi de EtOH 10-30% ou formol 4%; MgCl ₂ 7%; EtOH 5-10%	EtOH 70-85%; formol 4%; Solution de Koenike**
Mollusca	Étudier vivant; propylènephénoxetol 1%; formol 4%; EtOH 70%	Sécher; EtOH 10%
Acari	Ether; éthylacétate	EtOH 70-90%, Solution de Koenike**; Solution de Viet***
Crustacea	Formol 4%; 1% propylènephénoxetol	EtOH 70-90%
Ephemeroptera	EtOH 70-75%	EtOH 75%
Plecoptera	EtOH 70-80%	EtOH 80-90%
Hemiptera	Eau chaude 70°C; éthylacétate	dry; EtOH 70%
Odonata	EtOH 70%	EtOH 80%
Coleoptera	éthylacétate + EtOH 70%	EtOH 80%
Diptera	Eau chaude 70°C; formol 4%	EtOH 70%
Trichoptera	Ether; chloroforme; formol 2% + EtOH 90% and sécher	EtOH 80%; formol 2%
<p>* Solution de Steinmann: 1 part d'acide salpêtre, 1 part de chlorure de mercure dans 50% de NaCl, 1 part d'eau distillée</p> <p>** Solution de Koenike: 5 parts de glycérine, 2 parts de vinaigre, 3 parts d'eau distillée</p> <p>*** Solution de Viet: 3 parts vinaigre, 11 parts de glycérine, 6 parts d'eau distillée</p>		

SECTION 12. ANNEXE 3 – CONSIGNES DE SECURITE LORS DES PLONGEES

12.1 Conseil général pour la plongée

- ! **Ne dépassez pas la profondeur maximale** que permet votre qualification de plongée.
- ! Si vous devez vous écarter des techniques indiquées dans ce document, assurez-vous que vous avez effectué les arrêts de sécurité pour prévenir les **troubles de la décompression**
- ! Faites seulement **un maximum de deux plongées par jour** en dessous de 10 m
- ! Après six jours consécutifs de plongée, **ne plongez pas le septième jour** afin de permettre un dégazage complet.
- ! Commencez votre ascension avec une **réserve d'au moins 50 Bar** dans votre bouteille.
- ! **Enregistrez toutes les plongées** sur un carnet de plongée et complétez le chaque soir.

12.2 Instructions permanentes pour l'échantillonnage dans les zones habitées de crocodiles et d'hippopotames.

12.2.1 Introduction

En travaillant dans une zone où il y a des animaux potentiellement dangereux tels que les crocodiles et les hippopotames, vous devriez avoir à l'esprit ce qui suit:

- ◆ **Les animaux sauvages** sont conscients de la présence des humains et vont généralement éviter le contact rapproché avec eux.
- ◆ **Mais**, le comportement des animaux est imprévisible et dans certaines circonstances les individus vont attaquer. Dans le cas des crocodiles et des hippopotames, ceci peut avoir comme résultat des blessures graves ou entraîner la mort.
- ◆ **Par conséquent**, soyez toujours prudent dans les zones habitées par les crocodiles et les hippopotames.
- ◆ **Cependant**, en prenant des précautions significatives, le risque pour vous-même et vos collègues peuvent être réduits au minimum.

Le but des présentes instructions est d'élaborer quelques orientations sensibles et pratiques qui vous aider à travailler sur le lac en toute sécurité. Plus tard, la décision finale quant à la manière de procéder avec le travail dans les endroits habités par les crocodiles et les hippopotames se basera sur l'évaluation de ceux qui sont sur le terrain. Néanmoins, une fois engagés dans le travail du PBLT, vous êtes censés vous conformer aux règles de procédures énoncées ci-après.

12.2.2 Procédures Generales

1. Avant de mener un travail de terrain quelconque, renseignez-vous le plus possible sur la répartition des crocodiles et des hippopotames dans la zone. Identifiez les endroits où ils sont connus ou les habitats où ils sont susceptibles de se trouver. Les habitats préférés par les crocodiles comprennent: les embouchures des rivières, les lits de roseaux et les plages

sablonneuses, bien qu'ils puissent être aussi vus en train de se mouvoir entre ces emplacements. Les hippopotames ont tendance à habiter les eaux et baies cachées où il y a plein de végétation tout près des rives pour paître. Les sources d'information potentielles incluent: les communautés locales, les pêcheurs, vos collègues et ceux qui travaillent pour d'autres organisations opérant sur le lac (par ex. les services des parcs et de la faune sauvage, les départements des pêches, les services des eaux, les institutions de recherche).

2. Si vous connaissez une zone qui est susceptible d'être peuplée d'hippopotames ou de crocodiles, vous devriez alors employer la gamme de techniques d'échantillonnage fournie dans les instructions permanentes comme alternatives aux techniques de plongée et de remorquage manta (par ex. échantillonnage par benne, filets maillant, dragage et cages à crocodiles).
3. Que vous soyez sûr ou non de la présence de crocodiles ou d'hippopotames, vous devriez approcher n'importe quel site en observant prudemment aussi bien les abords des plages que ceux de l'eau. Les crocodiles peuvent souvent être vus en train de se glisser dans l'eau à l'approche des bateaux ou des gens à pied ; repérez aussi leurs traces qu'on peut facilement voir sur les plages sablonneuses qu'ils fréquentent. Les hippopotames vont d'habitude relever la tête au-dessus de l'eau pour observer l'approche d'un bateau à moteur. Si le bateau est dépourvu d'un moteur, frappez périodiquement la coque du bateau avec une pagaie ou une perche pour les avertir de votre approche.
4. La vigilance devrait être observée dans la conduite du travail de terrain. C'est la meilleure manière de se prémunir contre une blessure tant pour vous que pour vos collègues. Même accompagné d'une escorte armée (c.à.d. un gardien de parc), ne placez votre confiance dans aucune arme de quelque nature qu'elle soit. Même les tireurs d'élite les plus expérimentés auront toutes les difficultés du monde pour tirer de manière efficace sur un hippopotame ou un crocodile en état d'attaquer. Ils sont plutôt susceptibles de blesser la personne attaquée ou l'animal, le rendant encore plus dangereux.

12.2.3 Crocodiles

Dans les zones où des crocodiles peuvent être rencontrés, les orientations suivantes devraient être suivies:

1. Actions à mener par l'équipage du bateau.

- a. Lorsque les membres de l'équipe sont sous l'eau, le bateau de plongée devrait rester tout près de la balise flottante indiquant leur emplacement et le moteur devrait rester au ralenti. Ceci devrait dissuader les crocodiles d'approcher trop.
- b. Si un crocodile est vu, le conducteur du bateau devrait emballer le moteur trois fois en guise d'avertissement pour les plongeurs qui devraient remonter à la surface immédiatement et être repris sur le bateau.
- c. Toutes les fois que les plongeurs sont à la surface, ou en train de s'adonner aux techniques de plongée, le bateau devrait leur servir d'abri en maintenant une distance de 5 m au moins. A la vue d'un crocodile, le moteur devrait être emballé trois fois et les plongeurs devraient recevoir des instructions en vue d'un retour sur le bateau pour leur sécurité.

2. Actions à mener par les plongeurs/nageurs au masque et tuba

- a. Lorsque vous êtes dans l'eau, essayez de ne pas crier fort ou de ne pas faire des éclaboussures. Ceci est le comportement classique qui va attirer les crocodiles et qui peut les inciter à attaquer.
- b. Ne restez pas très longtemps au même endroit spécialement lorsque vous êtes à la surface de l'eau.

- c. Être debout les genoux enfoncés dans l'eau est une imitation du comportement des animaux en train de boire et cela est plus dangereux que de nager tranquillement.
- d. Selon un spécialiste des poissons du lac Tanganyika de renom (Axelrod), les rapports montrent que si un crocodile rencontre de près un plongeur SCUBA sous l'eau, il va normalement fuir. Il a même été suggéré que le fait de pousser un grognement fort va le repousser loin. Quel que soit le cas, ne paniquez pas et ne tentez pas de fuir vous-même, car cela peut une fois de plus pousser le crocodile à attaquer.
- e. Même si un crocodile peut avoir été dissuadé une fois, cela ne veut pas signifier qu'il ne reviendra pas. Après avoir opéré votre exploration, terminez votre plongée dans cet emplacement.

12.2.4 Hippopotames

Contrairement aux crocodiles, les hippopotames ne sont pas des prédateurs, mais ils peuvent être très agressifs surtout lorsqu'ils protègent des jeunes veaux ou défendent un territoire. Néanmoins, tant qu'ils ne sont pas surpris dans des zones très proches, les hippopotames vont normalement plonger et s'enfuir à la vue d'un bateau qui s'approche.

1. **Actions par l'équipage du bateau.** Les mêmes procédures que pour les crocodiles devraient être observées par l'équipage du bateau, lorsque les plongeurs sont dans l'eau. À la vue d'un seul ou d'un groupe d'hippopotames, le moteur devrait être éteint trois fois. Les plongeurs devraient immédiatement retourner sur le bateau qui devrait alors se mettre à une distance sûre des hippopotames. Il faut se rappeler qu'un petit bateau avec un hors-bord ne garantit pas la protection contre un hippopotame adulte.
2. **Actions par les plongeurs.** Les rapports faits par les plongeurs rencontrant les hippopotames sous l'eau sont peu nombreux. Mais un membre de l'équipe ESBIO du Burundi a connu une telle expérience. Sa première action a été de plonger à une plus grande profondeur et l'hippopotame n'a pas suivi. Les hippopotames sont sensibles à la pression à de plus grandes profondeurs et selon les Burundais, ils ne sont pas susceptibles de descendre à plus de 5 mètres.

12.2.5 Conclusion

Si vous vous en tenez à ces simples orientations, le risque causé par les crocodiles et les hippopotames aux membres de l'équipe ESBIO sera réduit de manière sensible. Cependant, une fois sur le terrain, c'est votre vigilance et votre manière de faire prévaloir le bon sens de base qui vont être le plus déterminant pour vous assurer ainsi qu'à vos collègues le succès dans l'exécution de votre tâche en toute sécurité. Rappelez-vous qu'aucune donnée n'est assez importante jusqu'à justifier des risques inutiles pour la vie.

13.2 Formulaire 1 pour Manta (données sous-lacustres)

LTBP BIOS - MANTA SURVEY : FORM 1/3																													
SURVEY # :							GROUP #:							SAMPLE # :															
AREA :														LOCALITY :															
TIME: Start							End:							DATE :															
GPS: Start							End:																						
Diver 1:							Diver 2:							Diver 3:							Diver 4:								
SUBSTRAT(%)	3	6	9	12	15	18	3	6	9	12	15	18	3	6	9	12	15	18	3	6	9	12	15	18					
Bedrock																													
Rock																													
Gravel																													
Sand																													
Shellbed																													
Stromatolites																													
HETEROGENOUS																													
Y/N (YES/NO)																													
FEATURES (1 - 5) 1 = rare, 5 = abundant (1 - 5)																													
Shells																													
Silt on rocks																													
Macrophytes																													
INCLINATION Above ✓																													
Vertical																													
Oblique																													
Horizontal																													
Below ✓																													
Vertical																													
Oblique																													
Horizontal																													
Others																													
NAME:														DATE FORM COMPLETED:															

13.3 Formulaire 2 pour Manta (données sur la ligne de côte)

LTBP BIOSS - MANTA SURVEY : FORM 2/3																								
SURVEY # :						GROUP #:						SAMPLE # :												
AREA :											LOCALITY :													
TIME Start :											End:					DATE :								
GPS Start :											End:													
Recorder 1:						Recorder 2:						Recorder 3:						Recorder 4:						
Physiography	3	6	9	12	15	18	3	6	9	12	15	18	3	6	9	12	15	18	3	6	9	12	15	18
Linear																								
Island																								
Estuary																								
Bay																								
Terrain ✓																								
Cliffs																								
Rocky shore																								
Gravel beach																								
Sandy beach																								
Reedbeds																								
Land Use ✓																								
Forest																								
Scrub																								
Cultivation																								
Fishing																								
Settlement																								
Others																								
Special Features of Area																								
NAME:											DATE FORM COMPLETED:													

13.4 Formulaire n° 3 pour Manta (données sur le Site)

LTBP BLOSS - MANTA SURVEY : FORM 3/3			
SURVEY # :		GROUP #:	SAMPLE # :
AREA :		LOCALITY :	
TIME Start:	Finish:	DATE :	
GPS Start :		GPS Finish:	

Recorder A :

Mins	GPS-LATITUDE		GPS-LONGITUDE		REMARKS
3		S		E	
6		S		E	
9		S		E	
12		S		E	
15		S		E	
18		S		E	

Recorder B :

Mins	GPS-LATITUDE		GPS-LONGITUDE		REMARKS
3		S		E	
6		S		E	
9		S		E	
12		S		E	
15		S		E	
18		S		E	

Recorder C :

Mins	GPS-LATITUDE		GPS-LONGITUDE		REMARKS
3		S		E	
6		S		E	
9		S		E	
12		S		E	
15		S		E	
18		S		E	

Recorder D:

Mins	GPS-LATITUDE		GPS-LONGITUDE		REMARKS
3		S		E	
6		S		E	
9		S		E	
12		S		E	
15		S		E	
18		S		E	

NAME:	DATE FORM COMPLETED:
-------	----------------------

13.5 Formulaire pour le Profil en plongée

LTBP BLOSS - DIVE PROFILE: 1/1									
SURVEY # :					SAMPLE # :			GROUP#:	
AREA :					LOCATION :				
GPS:					DATE :				
TIME Start:					TIME Finish:				
DIVERS:					WATER VIZ:				
Depth (m)	15	10	5	0	Depth (m)	15	10	5	0
Distance (m)					Distance (m)				
Substrate (%)					Rock Characteristics (1few - 5 many))				
Bedrock					Fissures/crevisses				
Boulders					Overhangs/underboulders				
Rocks					Calcite				
Gravel					Shells				
Sand					Algae				
Shellbed					Silt cover				
Stromatolites									
Inclination (✓)					Sand Characteristics (1 - 5)				
Vertical					Firmness/stability (soft-firm)				
Oblique					Surface relief (flat-uneven)				
Horizontal					Triage (poor-well)				
Taxa (✓)					Ripples (few-many)				
Macrophytes					Burrows (few-many)				
Filamentous Algae					Diatom mats (few-many)				
Sponge					Nests (few-many)				
SITE DESCRIPTION									
NAME:					DATE FORM COMPLETED:				

13.6 Formulaire pour les données sur l'Habitat avec Grappin

LTBP BIOS - HABITAT GRAB : FORM 1/1												
SURVEY #:			GROUP #:				SAMPLE #:					
DATE:		AREA:				LOCATION:						
GPS:						SECCHI DISC (M):						
TIME Start:				Finish:			RECORDERS:					
SUBSTRATE												
Depth	15m				10m				5m			
Approx distance from shore (m)												
Grab #	1	2	3	Grabs 1,2 & 3	1	2	3	Grabs 1,2 & 3	1	2	3	Grabs 1,2 & 3
Substrate (%)				Average (%)				Average (%)				Average (%)
Gravel												
Sand												
Shells												
Stromatolites												
No result (possible rocky)												
Sand characteristics (1-5)												
Sorting (poor well)												
Taxa (✓)												
Macrophytes												
Filamentous Algae												
Sponge												
Site description:												
Name:						Date form completed:						

