



**Distr.: LIMITÉE
CEA/GSY/MUL/CIE/III/12**

**NATIONS UNIES
COMMISSION ÉCONOMIQUE POUR L'AFRIQUE**

Original: Français

**Centre Multinational de Programmation
et d'Exécution des Projets
(MULPOC) Gisenyi**

**Troisième Réunion du Comité
Intergouvernemental d'Experts: 18-22 Avril 1995
ADDIS ABEBA (ETHIOPIE)**

ETUDE SUR LES BESOINS EN MATIERE DE DRAGAGE DES PORTS DU LAC KIVU

DEUXIEME CHAPITRE

	Paragraphes	Page
2. MODALITES D'EXECUTION DES TRAVAUX DE DRAGAGE DES PORTS DU LAC KIVU	96-154	23
2.1 Tiran d'eau requis	96-106	23
2.2 Volume et nature des matériaux à draguer	107-135	24
2.2.1 Volume des matériaux à draguer	107-131	24
a) Port de Cyangungu	109-112	24
b) Port de Kitracó à Gisenyi	113-116	25
c) Port du Projet Pêche	117-119	25
d) Port Passagers de Gisenyi	120-123	25
e) Port de Goma	124-136	26
f) Port de Bakavu	127-131	26
2.2.2 Nature des matériaux à draguer	132-135	27
2.3 Estimation précise des cubatures de dragage	136-139	28
2.4 Equipement de dragage requis	140-154	29
2.4.1 Usage d'une pelle mécanique	140-147	29
2.4.2 Utilisation de la drague-Line (grue Lima C45) de la RVF	148-150	30
2.4.3 Utilisation de la drague ONATOURL	151-153	30
2.5 Exécution en coopération des travaux de dragage du lac Kivu	154	31

TROISIEME CHAPITRE

	Paragraphes	Page
3. MESURES A PRECONISER AFIN DE PRESERVER LES CONDITIONS DE PROFONDEUR APRES L'EXECUTION DES TRAVAUX DE DRAGAGE	155-170	32
3.1 Niveau d'étiage prononcé	157-163	32
3.2 Sédimentation des rades portuaires par débits solides apportés par les affluents du lac	164-170	33
B. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	171-185	35

ANNEXES

Annexe 1 (a) : Plan approximatif du Port Passagers de Gisenyi

Annexe 2 (a) : Liste des Unités rwandaises opérant sur le lac Kivu

Annexe 2 (b) : Liste des Unités zaïroises opérant sur le lac Kivu

Annexe 3 (a) : Levé hydrographique du port de Bukavu

Annexe 3 (b) : Levé hydrographique du port de Bukavu (suite)

Annexe 4 (a) : Evaluation cubature de dragage au port de Bukavu

Annexe 4 (b) : Evaluation cubature de dragage au port de Bukavu (suite)

Annexe 4 (c) : Evaluation cubature de dragage au port de Bukavu (fin).

A. INTRODUCTION

1. Le groupe de travail ad hoc du Comité permanent des responsables nationaux des transports sur les lacs Kivu et Tanganyika (COPTRALAC), chargé des questions sur le dragage s'est réuni en Mars 1992 pour examiner le Rapport d'exécution des levés hydrographiques de prédragage des ports de la Communauté Economique des pays des Grands Lacs (CEPGL) sur le lac Tanganyika.
2. Une des recommandations formulées par le groupe de travail ad hoc était de demander à la CEA/MULPOC d'entreprendre pour le lac Kivu une étude similaire à ce qu'elle avait menée pour le lac Tanganyika sur les besoins en matière de dragage.
3. Le COPTRALAC avait soutenu cette proposition et l'avait soumise à l'appréciation de la réunion du Comité de suivi du MULPOC de Gisenyi qui l'avait adoptée. Ce Comité avait demandé au MULPOC d'inscrire cette activité dans le programme de travail et ordre de priorités couvrant la période biennale 1994-1995 et avait suggéré sa mise en oeuvre durant l'année 1994.
4. Le programme de travail 1994-1995 du MULPOC de Gisenyi adopté par la deuxième réunion des Experts Intergouvernementaux, tenue à Bujumbura en Mars 1993, incluait ainsi l'exécution en 1994 d'une étude des besoins en dragage des ports du lac Kivu.
5. Suite aux troubles socio-politiques qui avaient secoué le Rwanda dès le début de l'année 1994, la mission sur le terrain liée à la mise en oeuvre de cette activité n'a pu avoir lieu que dans le courant du premier trimestre de 1995 (24 janvier au 11 février 1995)
6. Cependant, le report ainsi enregistré du démarrage de l'étude n'a permis d'assurer qu'une couverture partielle de la zone rwandaise du lac Kivu: certains points d'accostage, situés dans des localités d'accès difficiles où la sécurité était alors plus précaire, n'ont pu être atteints par la mission. Parmi ces atterrages, on citera principalement les rades portuaires de BRALIRWA, de Kibuyé et de Kirambo.
7. Dans la mesure où ces infrastructures lacustres, en particulier celle de BRALIRWA figurent, sur la côte rwandaise du lac Kivu, au nombre de celles par lesquelles transite la part la plus importante du trafic lacustre du Rwanda, l'étude comporte, en ce qui concerne ce pays, des insuffisances qu'il y a lieu de signaler.
8. Par ailleurs, comme mentionné précédemment, une étude des besoins de dragage des ports CEPGL du lac Tanganyika a été entreprise par la CEA/MULPOC. Le document de cette étude (TRANSCOM/169) incorpore des chapitres qui aident à mieux comprendre les notions fondamentales ayant trait notamment:

- aux lois qui régissent le phénomène de sédimentation des zones littorales et portuaires

sous les actions des vagues et des courants: transit littoral alimenté par les zones côtières érodables;

- aux lois relatives à l'expansion dans le lac des sédiments charriés par les rivières qui s'y débouchent: débits solides des rivières soumis aux actions conjuguées des vagues et des courants.

9. On se referera, si besoin était, à ce document pour d'éventuels compléments d'information sur ces différents facteurs.

10. La dégradation des profondeurs dans les voies navigables et les rades portuaires lacustres, que l'on corrige d'une manière classique par des opérations de dragage, a pour principales causes:

- une baisse persistante des conditions d'étiage due à des bilans hydriques négatifs pendant une période plus ou moins longue;
- des activités sédimentaires alimentées par des sources permanentes et entretenues par les facteurs hydrodynamiques (vagues, courants).

11. Toute programmation de dragage nécessite la connaissance préalable de ces causes, lesquelles constituent le premier chapitre du présent document.

12. Le deuxième chapitre traitera des modalités d'exécutions des travaux de dragage qui en découlent.

13. Des mesures spécifiques peuvent être prises, notamment après l'exécution des travaux de dragage, afin de prévenir et d'éviter dans la mesure du possible ou du moins d'atténuer la dégradation des profondeurs en particulier par sédimentation. Ces mesures seront examinées dans le troisième chapitre.

14. La partie introductive (A) et celle relative aux conclusions et recommandations (B) exclues, le document comprend ainsi trois chapitres.

PREMIER CHAPITRE

1. LA DEGRADATION DES PROFONDEURS DES RADES PORTUAIRES DU LAC KIVU

1.1 Le lac Kivu et son rôle économique dans la desserte du territoire de la CEPGL

15. Le bassin de remplissage d'une fosse volcanique de la Rift Valley, d'une superficie de l'ordre de 2700 km², a donné naissance au lac Kivu. Il fait frontière entre le Rwanda à l'Est et le Zaïre à l'Ouest, lesquels se partagent respectivement le tiers et les deux tiers de l'étendue du lac.

16. Il se situe dans l'hémisphère sud, au voisinage de la ligne équatoriale, entre les parallèles 1°35' et 2°30' sud et entre les longitudes 28°30' et 29°23' Est. Son axe longitudinal moyen est orienté dans le Nord-Nord-Est.

17. Sa longueur est de l'ordre de 120km et sa largeur maximum de 40km. La profondeur moyenne du lac kivu est de 240m pour une profondeur maximum de 485m. Le niveau moyen de son plan d'eau se situe à l'altitude de 1462m.

18. Les bordures du lac sont délimitées par des roches volcaniques à pentes très abruptes (presque verticales), sauf en de rares endroits qui s'appuient aux seules possibilités d'implantation des facilités d'accostage.

19. Les pentes littorales du fond lacustre sont généralement fortes.

20. Les traits de côte du lac Kivu sont très irréguliers et offrent de multitude de petites baies plus ou moins abritées des vents et des vagues du large.

21. Malgré sa grande profondeur, le lac est parsemé de nombreux îles et îlots. La plus importante, l'île Ijwi prend naissance vers le milieu du lac et s'étire vers le sud suivant la direction moyenne de l'axe longitudinal du lac kivu.

22. L'île Ijwi est située dans les eaux territoriales zaïroises.

23. Le lac Kivu présente un unique exutoire en son extrémité sud. Cet exutoire donne naissance à la rivière Ruzizi le reliant au lac Tanganyika dont la pointe septentrionale s'amorce à quelques 100km au sud de cet exutoire.

24. Les trente premiers kilomètres du cours supérieur de la Ruzizi présentent une série de chutes qui la rendent impraticable à la navigation.

25. Malgré son isolement relatif, le lac Kivu constitue une voie importante de désenclavement interne d'une partie importante du territoire de la Communauté Economique des pays des Grands Lacs (CEPGL) qui regroupe le Burundi, le Rwanda et le Zaïre. Il constitue en effet un maillon important:

- de l'axe multimodal Nord-Sud desservant la région Est du Zaïre et comportant: le réseau routier du Nord Kivu, l'une des plus grandes zones agricoles du Zaïre; la voie lacustre Goma-Bukavu sur le lac Kivu; le tronçon routier Bukavu-Kalundu de jonction entre le lac Kivu et lac Tanganyika; la voie lacustre du lac Tanganyika menant, d'une part vers Kalemie pour rejoindre le réseau ferroviaire zaïrois du sud reliant ce lac à la zone minière du Shaba, et d'autre part vers Kigoma (Tanzanie) comme élément du Corridor Central et vers Mpulungu (Zambie) comme partie de la voie du Sud de désenclavement des pays de la CEPGL vers l'extérieur;
- de l'axe bimodal route-lac-route incluant le réseau routier du Nord Kivu vers Gisenyi, empruntant le lac Kivu et se prolongeant par la route vers Cyangungu et Bujumbura;
- du système de liaison Est-Ouest et vice-versa entre le Rwanda et le Zaïre;

26. Ce rôle économique du lac Kivu en tant qu'infrastructure de transport de désenclavement de la CEPGL a été montré en détail dans l'étude entreprise par la CEA/MULPOC pour le "Développement du transport sur le lac Kivu" (document ECA/MULPOC/Gisenyi/1x/27).

27. La même étude souligne d'autre part qu'en raison de leur mauvais état, imposé par des conditions de relief, de climat et de sol défavorables rendant très coûteux aussi bien leur construction en dur que leur entretien, les routes en terres longeant les littoraux Est (Rwanda) et Ouest (Zaïre) du lac Kivu ne concurrencent que faiblement les voies lacustres qui continueront ainsi à jouer le rôle économique essentiel évoqué ci-dessus.

28. Cette importance du transport sur le lac Kivu se perçoit par ailleurs à travers les efforts consentis par les deux Etats riverains afin d'en améliorer la sécurité : sous l'impulsion de la CEA/MULPOC, les travaux de balisage et de restauration des échelles d'étiage des voies navigables et atterrages du lac Kivu étaient financés entièrement par les deux Etats pour un montant de 90000 unités de compte (90.000 uc.) dont 30000 uc pris en charge par le Rwanda et 60.000 uc par le Zaïre. Ce montant relativement modeste pour des travaux de cette envergure s'explique par le fait que ceux-ci étaient exécutés en coopération, sous la coordination du groupe de travail ad.hoc du COPTRALAC et la supervision du Secretariat de la CEPGL et du MULPOC, par les services nationaux chargés de l'entretien des voies navigables intérieures, la

Régie des Voies Fluviales (RVF) du Zaïre et la Direction des Transports terrestres du Rwanda.

29. L'assainissement des rades portuaires par dragage, objet de la présente étude, constitue la deuxième action prioritaire du programme d'amélioration des infrastructures de navigation du lac Kivu arrêté par le COPTRALAC tel que défini dans son rapport sur l'exécution et la réception technique des travaux de balisage et de restauration des échelles d'étiage.

30. La présente étude répond ainsi à cette seconde préoccupation du COPTRALAC ayant trait aux infrastructures de navigation. Elle est motivée principalement par le rôle substantiel que celles-ci jouent dans la desserte de l'une des régions économiquement importantes du territoire de la CEPGL: le Burundi, le Rwanda et la partie Est du Zaïre.

1.2 La dégradation des profondeurs des rades portuaires du lac Kivu

31. Les deux principaux facteurs de dégradation des profondeurs des rades portuaires lacustres sont:

- une tendance persistante à la baisse du niveau d'étiage évolution du niveau d'étiage;
- les activités sédimentaires se développant dans les rades portuaires.

1.2.1 Dégradation des profondeurs des rades portuaires du lac Kivu due à l'évolution du niveau d'étiage

32. Le plan d'eau d'un lac subit diverses variations telles que:

- des variations diurnes de courtes périodes pratiquement sans influence sur les profondeurs;
- des variations saisonnières dont les périodes sont modulées en fonction des saisons établies. Dans cette catégorie, on définit les niveaux d'étiage (saisons sèches) et les niveaux de crue (saisons de pluie). Elles n'affectent que temporairement (durées des étiages) les profondeurs dans les rades portuaires;
- les variations de longues périodes (plus de cinq ans) que l'on décèle par l'analyse des courbes enveloppes des niveaux de crue et d'étiage enregistrés sur plusieurs années. Les tendances décroissantes observées sur ces courbes correspondent à des laps de temps durant lesquels les profondeurs dans les rades portuaires se détériorent.

33. Lorsque la courbe enveloppe des niveaux d'étiage atteignent et continuent à descendre en

deça un seuil de profondeur bien déterminé pour chaque port et égal au tiran d'eau minimum requis à son exploitation efficace, des interventions, en particulier par dragage, sont nécessaires.

34. Les échelles d'étiage permettent, entre autres, de relever les différentes variations évoquées ci-dessus du plan d'eau d'un lac et de tracer en conséquence les courbes y relatives, desquelles sont prises les décisions des interventions par dragage ainsi que leur programmation.

35. La collecte, l'analyse et l'exploitation de telles données aux fins de cette programmation figurent parmi les objectifs des travaux de restauration des échelles d'étiage du lac Kivu, financés par les deux Etats riverains et réalisés en coopération, sous la supervision du Secrétariat Exécutif Permanent de la CEPGL et du MULPOC, par des services nationaux de ces deux Etats.

36. Toutefois, les relevés de ces données à partir des échelles d'étiage installées, dont quelques unes ont disparu faute de surveillance et d'entretien, n'ont pas été entrepris (Rwanda) ou poursuivis irrégulièrement (Zaire) pour diverses raisons dont essentiellement les troubles socio-politiques qui ont secoué ces deux pays. Durant la mission, un relevé a été effectué à partir de l'échelle d'étiage installée au quai du Projet Pêche de Gisenyi (Rwanda). Le plan d'eau se situait alors à environ 5 cm en dessous du zéro de l'échelle, défini comme étant la côte minimum pouvant être atteinte par le niveau du plan d'eau du lac. Le niveau d'étiage normal, apprécié en fonction des traces laissées sur le support de l'échelle, oscille entre les côtes + 60 et 80 cm. Ce qui signifie qu'en ce moment -là, le plan d'eau du lac Kivu avait atteint un niveau d'étiage exceptionnel, situé à au moins 65 cm en dessous du niveau d'étiage normal.

37. Il est difficile de savoir si cette situation va persister dans la mesure où l'on ne dispose pas du tracé de la courbe enveloppe des étiages faute de données d'observation, même depuis la mise en place des échelles d'étiage.

38. Il faut souligner cependant que si cette situation persistait, des travaux de dragage, liés à l'évolution du niveau d'étiage, seraient nécessaires au port du Projet Pêche et probablement en d'autres infrastructures portuaires du lac Kivu, afin d'éviter l'inaccessibilité prolongée à son quai.

39. Tout accostage à ce quai de la Vedette Isambaza du Projet, dans les conditions de profondeur voisines de celles décrites ci-dessus, est en effet totalement exclu.

40. La non disponibilité des données hydrologiques (relevés du niveau d'eau) du lac Kivu implique qu'à l'heure actuelle, on ne puisse pas se prononcer sur la nécessité de programmer des opérations de dragage des rades portuaires du lac des suites de l'évolution du niveau d'étiage.

1.2.2 Dégradation des profondeurs des rades portuaires du lac Kivu due aux activités sédimentaires

41. Par leurs actions sur les sédiments, les facteurs hydrodynamiques (vagues et courants) façonnent en permanence les configurations des lits d'un lac et modifient en conséquence les profondeurs des rades portuaires.

42. L'examen des phénomènes de dégradation des profondeurs dans ces rades liées aux activités sédimentaires comporte :

- l'analyse des conditions hydrodynamiques établies dans le voisinage immédiat de ces infrastructures;
- l'identification des sources de sédiments incluant la définition de la nature et des caractéristiques de ces sédiments;
- la détermination des volumes mis en jeu dans le processus de sédimentation.

1.2.2.1 Les conditions hydrodynamiques

43. Les vagues et les courants regroupent les deux principaux facteurs hydrodynamiques qui interviennent dans le processus de sédimentation modifiant les conditions des profondeurs des rades portuaires.

a) Les vagues

(a-1) Généralités sur les vagues lacustres

44. Les vagues sont générées par les vents. Du point de vue hydrodynamique, elles sont caractérisées par :

- leur amplitude $2H$ définie comme la hauteur entre une crête (sommet de la vague) et un creux successifs;
- leur période $2T$ qui mesure le temps entre deux crêtes ou deux creux successifs (représentation temporelle d'un train de vague);
- leur longueur d'onde $2L$ qui représente la distance séparant deux crêtes ou deux creux successifs (représentation spatiale d'un train de vague);
- leur direction de propagation A , relevée par rapport à celle du Nord géographique.

45. Ces grandeurs se réfèrent à des variables aléatoires pour lesquelles on détermine des valeurs représentatives qui sont habituellement :

- les valeurs moyennes se rapportant à une période convenue (journalières, mensuelles, annuelles, décennales) : $2H_m$, $2T_m$, $2L_m$, A_m ou direction dominante :
- les valeurs significatives qui représentent les moyennes du tiers supérieur de ces variables se rapportant à une période donnée (journalières, mensuelles, annuelles, décennales...) : $2H_{1/3}$, $2T_{1/3}$, et $2L_{1/3}$, $A_{1/3}$;
- les valeurs maximales enregistrées ou prévisibles pour une période donnée (vagues décennales, cinquantenaires, centenaires) : $2H_{10}$, $2H_{50}$, $2H_{100}$; $2L_{10}$, $2T_{50}$, $2L_{100}$;

46. Pour l'étude des phénomènes de sédimentation générées par les vagues, le transit littoral en particulier, il est d'usage de recourir aux valeurs significatives de ces variables. Les éléments qui y interviennent sont notamment les amplitudes, les longueurs d'onde et les directions de propagation.

(a-2) Détermination des caractéristiques des vagues du lac Kivu

47. Les grandeurs déterminantes des vagues $2H$, $2T$, et $2L$ sont calculées à partir des données d'observations in situ lorsque celles-ci sont disponibles : observations visuelles des amplitudes (sur mâts de houles), des périodes, des longueurs d'onde et des directions de propagation et/ou enregistrement de ces données par des stations automatiques.

48. Lorsque ces données d'observations et/ou d'enregistrement in-situ font défaut, comme c'est le cas pour le lac Kivu, on recourt à des formules empiriques de prédiction des vagues établies en fonction des caractéristiques des vents qui les génèrent.

49. Il existe pour cela différentes formules conçues pour prendre en compte les facteurs intervenant dans le phénomène de génération des vagues dont notamment les caractéristiques des vents générateurs et les configurations géographiques des côtes.

(i) Les caractéristiques des vents générateurs

50. Les éléments des vents qui interviennent dans la formation des vagues sont : la direction d'action. A la vitesses W , la durée d'action T et la distance d'action D ou fetch.

51. Les vents agissant sur le lac Kivu s'établissent sur trois directions moyennes qui sont : le secteur sud ($140^\circ - 200^\circ$), le secteur Ouest ($220^\circ - 280^\circ$) et le secteur Nord-Est ($0^\circ - 40^\circ$).

- Vents venant du secteur Sud

52. Il s'agit des vents dominants du lac Kivu. Ils soufflent presque en permanence, parfois avec des rafales pouvant atteindre la vitesse de 8m/s.

53. Des enregistrements effectués à l'aéroport de Kamembe (Cyangungu) donnent les indications ci-après :

- * directions de provenance : elles varient du 140° au 200° avec une direction moyenne au 170° et une direction dominante au 160°;
- * vitesses : la vitesse moyenne est de l'ordre de 3m/s, la vitesse significative de 4m/s et la vitesse maximum de 8m/s;
- * durées d'action : ces vents commencent à souffler habituellement à partir de 8H pour ne s'atténuer que vers 15 ou 16H. Des actions soutenues pendant 24H sont possibles mais rares. Les durées d'action pouvant être retenues sont ainsi : durée d'action moyenne de 6H, durée d'action significative de 12H et durée d'action exceptionnelle de 24H;
- * distance d'action : elle est comptée à partir du niveau de l'extrémité sud de l'île Ijwi jusque dans les environs de Gisenyi/Goma. Ce qui correspond au parcours lacuste sans pratiquement aucun obstacle. Cette distance d'action D est de l'ordre de 100 km.

- Vents venant du secteur Ouest

54. Ce sont souvent des vents d'après-midi qui se lèvent à partir de 14H. Des relevés effectués à l'aéroport de Goma fournissent les renseignements ci-après concernant ces vents:

- * directions de provenance : secteur Ouest, limité entre le 220° et le 280°, direction moyenne au 250° et direction dominante 275°;
- * Vitesses : vitesse moyenne de 2m/s, significative de 2,5m/s et maximum de 5m/s;
- * durées d'action : les vents du secteur Ouest sont moins soutenus et s'atténuent avant le couché du soleil. Leur durée d'action moyenne est de l'ordre de 3H, la durée d'action significative étant de 4H et exceptionnellement ils peuvent souffler sans interruption pendant 6 H;
- * distance d'action : la distance maximale d'action de ces vents correspond au parcours empruntant la partie du lac située au Nord de l'île Ijwi. Elle est d'environ 40 km. Pour la zone abritée par l'île Ijwi, le fetch reste faible,

inférieur à 10 km entre les côtes zaïroises et l'Ile Ijwi et à 15 km entre l'Ile Ijwi et les côtes rwandaises.

- Vents du secteur Nord-Est

55. Il s'agit de brises de terre de faibles intensités relevées de temps en temps, en fin d'après-midi. Les observations faites au niveau de l'aéroport de Goma donnent les éléments ci-après :

- * directions de provenance : 0° à 40°, direction moyenne au 20°, direction dominante au 30°;
- * vitesses : la vitesse moyenne est d'environ 1m/s, la vitesse significative de l'ordre de 1,7m/s et la vitesse maximale de 4m/s;
- * durées d'action : la durée d'action moyenne est estimée à 2H, la durée d'action significative est de 3H et la durée d'action maximale de 5H;
- * distance d'action : la distance d'action, comptée à partir de Goma jusqu'aux côtes zaïroises situées en face de la pointe septentrionale de l'Ile Ijwi, est de l'ordre de 50 km.

(ii) Les configurations géographiques des côtes

56. Dans la partie sud du lac, les configurations des côtes zaïroises (très découpées) et rwandaises (décrochement vers l'Est) sont telles que les infrastructures portuaires existantes sur le lacs Kivu jusqu'au niveau de la pointe septentrionale de l'Ile Ijwi se trouvent abritées des actions des vents soufflant du secteur sud. Les vagues générées par ces vents n'affectent pas les conditions de profondeurs dans les rades portuaires de Cyangungu, Kirambo, Kibuyé au Rwanda et de Bukavu, Kalehe, Mukalele au Zaïre. De même le port de Kitracco de Gisenyi (Rwanda) et le port de Goma (Zaïre), protégés respectivement par les avancées du cap Rubona et le prolongement vers le lac du Mont Goma, ne ressentent pratiquement pas les effets de ces vents. Par contre, le port passagers de Gisenyi et dans une mesure moindre le port du projet pêche de Gisenyi sont plus directement exposés à ces vents, donc aux vagues qu'ils entretiennent.

57. En ce qui concerne les vents venant du secteur Ouest, la présence de l'Ile Ijwi et de nombreux îlots en face de Kibuyé atténue leurs effets sur les infrastructures portuaires des côtes rwandaises situées au Sud de Kibuyé. Par contre le port passagers de Gisenyi, le port du Projet pêche ainsi que le port de Goma sont sous leur influence, mais avec une distance d'action réduite (15 km au maximum) si bien que les agitations du plan d'eau qu'ils génèrent au niveau de ces infrastructures restent faibles et s'amortissent rapidement.

58. Les brises de terre soufflant du secteur Nord-Est, freinées par la présence de l'île Ijwi ne sont ni suffisamment intenses ni soutenues (durées d'action de 2 à 3H seulement) pour créer des agitations sensibles sur les côtes occidentales du lac Kivu (littoral zaïrois). Ces brises ont surtout pour effets d'amortir plus rapidement les vagues soulevées dans la journée par les vents du secteur Sud.

59. Il résulte des considérations précédentes que ce sont surtout les deux infrastructures portuaires de Gisenyi (port passagers et du Projet Pêche) qui sont exposées aux actions des vents et que seuls les vents arrivant du secteur sud peuvent générer, au niveau de ces sites, des agitations capables de donner naissance à des mouvements sédimentaires

(ii) Caractéristiques des vagues générées au droit de Gisenyi par les vents du secteur sud

60. Faute de données d'observation, les amplitudes 2H et les longueurs d'onde 2L des vagues qui atteignent les abords de Gisenyi, ont été calculées en se servant de formules de prévision. Les formules à trois variables, à savoir W (vitesse de vent en mètres par seconde), D (distance d'action du vent ou fetch en km) et T (durée d'action du vent en heures) établies pour les petits parcours (D inférieure à 300 km) et les calculs à partir des côtes, semblent être les mieux adaptées au cas du lac Kivu. Les formules ci-après répondent à ces conditions :

- Amplitude 2H :

$$2H = \frac{0,33 W}{\left(1 + \frac{0,7W}{D}\right) \left(1 + \frac{1,86}{T}\right)}$$

- Longueur d'onde 2L

$$2L = \frac{12,34 W}{\left(1 + \frac{47,9 W}{D}\right) \left(1 + \frac{13,3}{T}\right)}$$

61. La présence de nombreux îles et îlots, accentuée par la refraction, atténue fortement les amplitudes des vagues aux abords des côtes. Avec un coefficient d'amortissement de l'ordre de 0,80 des amplitudes des vagues près des côtes, les calculs donnent les résultats ci-après :

	Amplitudes 2H (m)	Longueur d'onde 2L (m)
Vagues moyennes	0,70m	8m
Vagues significatives	0,90m	8m
Vagues exceptionnelles	1,80m	13m

b) Les courants

62. L'étendue relativement réduite du lac Kivu, la grande irrégularité de ses côtes et l'existence de nombreux obstacles (îles et îlots) ne permettent pas la formation des courants généraux du type océanique ni des courants développés par les vents (courant d'Eckaman).

63. Des courants très localisés peuvent toutefois subsister. Il s'agit :

- des courants résiduels des rivières débouchant au lac. Selon l'importance de ces rivières et les vitesses initiales des courants qu'elles entretiennent au niveau de ces embouchures, ces courants se font sentir à des distances variables des côtes et sont responsables de la sédimentation des zones situées en face de l'embouchure (barres sous-lacustres) ou de part et d'autre de cette embouchure (zones de dépôt);
- des courants d'aspiration au niveau des exutoires. Ils sont souvent responsables des érosions côtières environnantes.

64. Aucune étude de ces courants n'a été entreprise pour le lac Kivu, notamment en ce qui concerne les courants résiduels responsables de la sédimentation des zones d'embouchures, donc des rades portuaires situées dans ces zones.

65. Ainsi, lorsque des sources de sédiments existent dans les environs d'une infrastructure portuaire, les conditions hydrodynamiques (vagues, courants) qui s'y établissent agissent sur ces sédiments et façonnent en permanence les profondeurs dans les rades de ces ports. La sédimentation portuaire résulte des actions conjuguées des facteurs hydrodynamiques des vagues et des courants sur les sédiments. Le manque de connaissance des facteurs hydrodynamiques établies au voisinage de ces infrastructures, faute de mesures et d'observations précises (mesures de courants, observation des vagues), rend difficile la prévision des mouvements sédimentaires (calculs des cubatures mises en jeu) qui se manifestent dans ces endroits. Il ressort cependant des considérations précédentes sur les conditions hydrodynamiques sur le lac Kivu que :

- seule la zone avoisinant Gisenyi est exposée aux actions sensibles des vagues;
- les environs des zones d'embouchure des rivières sont sujets à des courants résiduels entretenus par ces rivières;
- les infrastructures portuaires situées dans ces deux catégories d'endroits sont exposées à des modifications des profondeurs dans leur rade seulement s'il existe des sources sédimentaires susceptibles d'être activées par les facteurs hydrodynamiques ci-dessus.

1.2.2.2 Identification des sources sédimentaires dans les voisinages des infrastructures portuaires du lac Kivu

66. Le lac Kivu est d'origine volcanique. Les côtes rocheuses et abruptes ne s'apprentent pas à des zones de dépôts pouvant constituer des sources sédimentaires. Sa grande profondeur rend impossible la mise en mouvement vers ses côtes des sédiments déposés sur son lit.

67. Les sédiments responsables de la dégradation des profondeurs dans certaines zones cotières du lac Kivu proviennent de l'extérieur de celui-ci. Il s'agit en particulier des débits solides des rivières débouchant au lac et lesquels constituent les principales sources de sédiments qui s'y déposent. Les infrastructures portuaires localisées aux alentours de ces embouchures peuvent ainsi être confrontées à des problèmes de sédimentation de leur rade.

a) Cas des infrastructures portuaires des côtes rwandaises du lac Kivu

(i) Le port de Cyangungu

67. Le port de Cyangungu est situé à l'extrémité sud du littoral Est du lac Kivu, dans une baie protégée où ne débouche aucune rivière. La dégradation des profondeurs au port de Cyangungu n'est pas d'origine sédimentaire. Le deversement de matériaux à partir des quais et la baisse excessive des conditions d'étiage sont les seuls facteurs qui puissent y expliquer la nécessité d'une opération de dragage.

(ii) Les ports de Kirambo et de Kibuyé ainsi que le port Bralirwa

68. La mission n'a pas pu visiter ces ports pour les raisons déjà évoquées. Il n'a pas été possible d'établir l'existence de sources sédimentaires susceptibles de modifier les conditions de profondeur des rades de ces infrastructures.

(iii) Le port Kitiraco de Gisenyi

69. Ce port est localisé au fond d'une baie où débouche un petit ruisseau, le Kibimby dévalant des hauteurs avoisinantes et chariant du limon, du sable et du gravier. Les courants résiduels

relativement fort de ce ruisseau notamment durant les saisons de pluie, sont capables de propulser des sédiments, non seulement le long des quais (très rudimentaires) mais aussi à l'intérieur de la baie qui se comble peu à peu. Au moment de la mission, la profondeur moyenne offerte au port de Kitracó était de l'ordre de 0,20 m. Ce qui correspond, en période d'étiage normal, à un tiran d'eau de $0,20 + 0,50 = 0,70$ m. L'étiage exceptionnel qui avait eu lieu alors avait rendu impossible tout accostage au port de Kitracó sans échouage.

70. Le retour à la normale de la situation d'étiage ne semble toutefois pas résoudre le problème. La profondeur offerte de 0,70m en étiage normal permet l'accostage des unités de 0,50 à 0,55m de tiran d'eau avec une marge de sécurité de 0,20 à 0,15 m.

71. Du fait des apports sédimentaires permanents du ruisseau Kitsimby, le tiran d'eau garanti au port de Kitracó, avec une marge de sécurité de 0,15 m est actuellement de 0,55 m en période d'étiage normal et de 0,05 m en période d'étiage exceptionnel.

(iv) Port du Projet Pêche de Gisenyi

72. Situé à environ 1 km au nord du port Kitracó, le port du Projet Pêche se trouve en dehors de la zone d'activité du ruisseau Kitsimby. Par contre, il est localisé entre le point d'évacuation des eaux de la station hydroélectrique de Gisenyi (200 m au sud) et l'embouchure de la rivière Sebeya.

73. Suivant les conditions nautiques, la rade de ce port est alternativement alimentée par les faibles débits solides drainés par les conduites forcées de la centrale hydroélectrique (vagues venant du secteur Sud-Sud-Est refractées aux abords du port) et par les importants apports sédimentaires de la rivière Sebeya (vagues du secteur Sud-Ouest-Ouest refractées à l'approche des côtes).

74. Sous les activités de ce double transit littoral, la rade du port subit une sédimentation plus ou moins rapide. La situation à la verticale du quai, au moment de la mission, présentait un banc de sable émergeant de l'ordre de 0,05 m. Ce qui n'offrait en étiage normale qu'une profondeur d'environ 0,55 m et un tiran d'eau garanti de 0,35 m (un minimum de 0,20 m de marge est requis du fait qu'il s'agit d'une rade non abritée). Ce tiran d'eau ne permet plus à la vedette Isambaza du Projet Pêche d'accoster avec son tiran d'eau de 0,90 m. Depuis quelque temps, les quais de ce port sont devenus inexploitable.

(v) Le port passager de Gisenyi

75. Ce port est construit à 200 m environ au nord de l'embouchure de la rivière Sebeya. Il comprend un bassin de mouillage en deux compartiments orientés parallèlement à la ligne des rives : un compartiment de 40 m x 20 m et un de 60 m x 35 m lequel est délimité au nord par un quai sur piles servant d'embarcadère d'accostage des unités.

76. Un épi de protection en maçonnerie implanté parallèlement au rivage avec une extrémité légèrement courbée vers le lac (musoir), constitue en même temps la paroi côté lac de ce double bassin. L'ouverture d'environ 30 m entre l'extrémité de cet épi et le débarcadère constitue la passe d'accès (voir figure annexe 1).

77. Les vagues du secteur Sud qui atteignent librement les abords de cet ouvrage entretiennent, pratiquement en permanence, un transit littoral alimenté par les débits solides de la rivière Sebeya. Par refraction autour du musoir de l'épi de protection, les sédiments mis en mouvement pénètrent à l'intérieur du bassin et s'y déposent. Le petit bassin ainsi qu'environ les deux tiers du grand bassin sont actuellement comblés par ces dépôts sédimentaires. Seul le bout de l'embarcadère sur une longueur de 20 m (au lieu de 35 m) offre une profondeur suffisante pour accueillir les vedettes passagers de l'Office National des Transports en Commun (ONATRACOM) rwandais qui exploite cette infrastructure. Les bassins étant complètement inutilisables, les deux unités de l'ONATRACOM ne disposent plus de bassin de mouillage protégé au port passagers de Gisenyi. Ce qui est à l'origine de la vestusté prématurée de leur coque.

78. Le tiran d'eau de ces unités avoisine 1,00 m. Ce qui signifie que le tiran d'eau à l'intérieur du bassin était d'au moins 1,20 m.

79. Un projet de renouvellement de son matériel de transport de passagers a été envisagé par ONATRACOM. Le dragage des deux bassins pour garantir un mouillage sûr constitue un des préalables à cette nouvelle acquisition.

b) Cas des infrastructures portuaires des côtes zaïroises du lac Kivu

80. Les deux principales installations portuaires du Zaïre sur le lac Kivu sont localisées à Bukavu à l'extrémité sud du lac (en face de Cyangungu) et à Goma sur les côtes septentrionales du lac légèrement au nord des installations de Gisenyi.

(i) Le port de Bukavu

81. Le port de Bukavu, exploité par la société des Chemins de fer de l'Est (SFE), est implanté dans une baie protégée des vagues. Il n'est pas confronté à des problèmes de transit littoral.

82. Une rivière, la Kawa, débouche dans cette baie en longeant directement les limites sud du port. Les débits solides de cette rivière constituent une source permanente de sédiments dont l'expansion dans la rade portuaire sous l'action des courants résiduels y affecte les profondeurs.

83. Le port de Bakavu dispose de trois quais approximativement orientés sud-nord.

84. Le quai no. 3, le plus au sud, est attenant à l'embouchure de la rivière Kawa. La rade

d'accès à ce quai est sous l'influence directe de la sédimentation alimentée par les débits solides de la rivière. Le tiran d'eau garanti le long de ce quai varie, selon les données d'un levé hydrodynamique de prédragage effectué en mai 1994 la Régie des voies fluviales (RVF), entre 0,20m et 0,30 m. Ce quai est actuellement inexploitable.

84. Le quai no2 du port de Bukavu est légèrement en avancée vers le lac par rapport aux quais no.3 et no.1. Ce qui lui confère une profondeur plus confortable malgré l'assaut des matériaux chariés par la Kawa. Le tiran d'eau offert varie de 1,20 m à 2,00 m de l'extrémité sud à l'extrémité nord du quai. Ce qui, en période d'étiage normale, exclut la mise à quai d'unités de la SFE dont le tiran d'eau minimal est de 1,28 m.

85. Le quai no.1, le plus au nord, est construit dans l'alignement du quai no.3. Il ne jouit pas, de ce fait, des mêmes conditions de profondeur que le quai no.2. Mais par sa situation, son bassin est moins exposé au phénomène de sédimentation que les bassins des deux autres quais. Le tiran d'eau garanti n'est pas suffisant, mais il est meilleur que pour le quai no.3 et varie de 1,00 m dans la partie protégée par le décrochement du quai no. 2 à 0,50 m vers l'extrémité nord.

86. La sédimentation de la rade du port de Bukavu entretenue par les apports de la rivière Kawa est telle qu'actuellement deux des trois quais dont dispose le port sont inaccessibles en permanence et l'accostage au quai no.2 devient dangereux en périodes d'étiage normal.

87. Cette situation critique implique la nécessité urgente d'entreprendre des travaux de dragage dans ce port, le plus important du lac Kivu, qui traite un trafic annuel d'environ 60 à 70 000 tonnes.

(ii) Le port de Goma

88. C'est le deuxième port zaïrois sur le lac Kivu par son importance. Il est implanté à environ 5 km au nord du port passagers de Gisenyi, dans une baie formée par le prolongement du Mont Goma vers le lac.

89. Aucun affluent du lac Kivu ne débouche dans les environs du port de Goma. Il n'est pas confronté à des phénomènes de sédimentation par des apports d'une rivière.

90. Quatre zones d'accostage existent dans cette baie :

- deux quais privés appartenant respectivement à la Société Bisengimana et à la Société B. Israel;
- deux quais gérés par la SFE : le quai Bralima de 13,50 m de long, lequel n'est plus en exploitation; le quai principal du port de Goma de 80 m de long qui traite plus de 80% du trafic annuel de l'ensemble du port, estimé à environ 50 000

tonnes.

91. Le quai principal offre trois postes. L'étiage prononcé observé lors de la mission (60 cm environ en dessous de l'étiage moyen) s'était traduit par l'inaccessibilité des unités aux deux postes extrêmes de ce quai.

92. Les profondeurs offertes se présentaient alors comme suit :

- poste à quai ouest : 1.00 m à 1.50 m. L'accostage des unités en charge était alors exclu;
- poste à quai central : 1.75 m à 2.10 m. Certaines unités chargées pouvaient accoster mais avec beaucoup de risque;
- poste à quai Est : 2.00 m à 0,50 m. Des barges déchargées y accostaient avec échouage à l'avant;
- le quai Bisengimana n'était pas accessible à l'accostage du bateau le Général MULUMBA, exploité par la Société.

93. Ainsi, du fait de l'étiage exceptionnel, environ 75% des facilités d'accostage au port de Goma (quais privés et SFE) étaient inutilisables. Les deux échelles d'étiage nouvellement remises en place dans cette rade ont été détruites faute de surveillance et d'entretien. Ce qui ne permet pas de suivre l'évolution du plan d'eau, donc de formuler un avis fondé sur la persistance ou non de cette situation d'étiage, car si elle venait à perdurer, il faudrait programmer des travaux de dragage au port de Goma pour éviter des immobilisations répétées et prolongées des infrastructures d'accostage.

94. Deux principales causes sont à l'origine de la dégradation des profondeurs qui affecte actuellement les rades des ports du lac Kivu, notamment au droit des ouvrages d'accostage :

- le niveau d'étiage exceptionnellement bas constaté durant la mission : des échelles d'étiage étaient remises en place dans tous ces ports afin de suivre l'évolution du niveau du plan d'eau du lac Kivu. Ces données auraient permis d'analyser les variations du niveau d'eau du lac et d'établir une prévision des côtes d'étiage. une tendance décroissante de ces côtes par rapport à la situation d'étiage constaté durant la mission implique la programmation d'urgence de travaux de dragage dans tous les ports du lac Kivu. Par contre, si la tendance était croissante, il ne serait pas indispensable de prévoir des compagnes de dragage des deux seuls ports, Cyangungu et Goma, non exposés à la sédimentation provenant des sources alimentées par les rivières débouchant au lac;
- le comblement des rades portuaires implantées dans les zones d'influence des

sources de débits solides des affluents du lac, lesquels, sous l'action des courants résiduels de ces affluents (cas du port Kitracó à Gisenyi et du port de Bakavu) ou sous l'action conjuguée de ces courants et des vagues (cas du port passagers, et du port du Projet Pêche à Gisenyi), viennent se déposer dans ces rades. La situation actuelle dans ces ports est telle que l'accès et notamment l'accostage à leurs quais n'est plus envisageable, sauf en ce qui concerne le quai no.2 du port de Bukavu accessible seulement en dehors des périodes d'étiage. Pour ces infrastructures, des mesures urgentes doivent être prises pour l'exécution des travaux de dragage d'assainissement des profondeurs.

DEUXIEME CHAPITRE

2. MODALITES D'EXECUTION DES TRAVAUX DE DRAGAGE DES PORTS DU LAC KIVU

2.1 Tiran d'eau requis

95. Le tiran d'eau T_e est la profondeur minimum qu'exige la sécurité d'un bateau en navigation ou en manoeuvre dans un port.

Il a deux composantes:

- l'enfoncement maximal E du bateau en charge et en mouvement: les prescriptions techniques du bateau et en particulier les marques de jaugeage portées sur la coque conformément au règlement, fournissent les données y relatives;
- la marge M de sécurité prenant en compte l'effet de succion à l'avancement, le pilonnement dû aux vagues. La marge M est estimée à 0,30m pour le lac Kivu.

96. Les annexes 2(a) et 2(b) fournissent la liste des bateaux rwandais et zaïrois opérant actuellement sur le lac Kivu.

97. Les informations relatives à l'enfoncement E ne sont pas indiquées sur la liste des bateaux rwandais. On se référera aux unités zaïroises de caractéristiques similaires pour estimer la valeur maximale de E à prendre en compte pour les infrastructures portuaires rwandaises.

98. La barge Tembo, de 110t de capacité représente la plus grande unité opérant dans les eaux rwandaises.

99. Elle est sensiblement équivalente à la barge zaïroise de type D_1 de 105 tonnes de capacité. L'enfoncement E en pleine charge de cette unité est de l'ordre de 2,20m (tirant d'eau de la barge D_1).

100. Le tiran d'eau minimum requis dans les rades portuaires rwandaises est ainsi estimé à:
 $T_e = E + M = 2,20 + 0,30 = 2,50m$.

101. En ce qui concerne les unités zaïroises, l'enfoncement maximal enregistré correspond au tiran d'eau du bateau Potopoto (actuellement Général Mulamba) lequel, avec une capacité de 218 tonnes, exige une épaisseur d'eau de 2,70m.

102. Le tiran d'eau minimal à garantir dans les rades portuaires zaïroises doit donc être de:
 $T_e = 2,70 + 0,30\text{m} = 3,00\text{m}$.

103. Le tiran d'eau requis dans les ports du Zaïre est supérieur de 0,50m à celui nécessaire pour les ports du Rwanda.

104. Dans la perspective d'une régionalisation dans le cadre CEPGL de l'exploitation des services de transport sur le lac Kivu, il serait souhaitable que, dorénavant et déjà, soient initiés des efforts d'uniformisation des normes de profondeur d'accès aux ouvrages d'accostage du lac Kivu. A cet égard, l'adoption du tiran d'eau de 3,00m pour toutes les zones de manoeuvre portuaire du lac Kivu devrait être envisagée et décidée. L'avis du COPTRALAC sur ce point spécifique semble utile pour formuler une proposition à soumettre à l'appréciation des responsables de la CEPGL.

2.2 Volume et nature des matériaux à draguer

2.2.1 Volume des matériaux à draguer

105. La cubature précise de dragage se détermine sur base des données d'un levé hydrographique régulier et récent, exécuté à une échelle convenable (1/500 à 1/2000 selon l'importance de la rade).

106. Mis à part le port de Bukavu qui a fait l'objet d'un levé hydrographique effectuée en mai 1994 par la RVF, aucun document hydrographique n'est disponible pour les autres ports. Les calculs des cubatures de dragage ci-après, s'appuyant sur l'estimation de la profondeur moyenne actuelle, fournissent un ordre de grandeur de ces cubatures.

a) Port de Cyangungu

107. Le dragage ne serait indispensable que si le niveau d'étiage observé durant la mission persistait.

108. La profondeur moyenne était estimée à 1.10 m jusqu'à environ 30m des pieds des quais. Au-delà, la profondeur de 2.50m est respectée partout. La zone de manoeuvre des navires couvre une longueur d'environ 300m (quais compris).

109. L'épaisseur moyenne de sédiments à draguer est donc de 2,50 (tirant d'eau requis) - 1,10m (profondeur moyenne actuelle) = 1,40m.

110. Ce qui correspond à une cubature de dragage estimée à: $300\text{m} \times 1,40\text{m} = 420\text{m}^3$ arrondi à 500m^3 .

b) Port Kitracco à Gisenyi

111. La rade subit une sédimentation alimentée en permanence par le Kitsimby.
112. La profondeur moyenne actuelle est estimée à 0,50m jusqu'à 50m des pieds des quais.
113. L'aire d'évitage des unités a une emprise littorale d'environ 400m incluant les quais.
114. Le volume de matériaux à draguer représente ainsi:

$$400\text{m} \times (2,50-0,50)\text{m} \times 50\text{m} = 400\text{m}^3.$$

c) Port du Projet Pêche

115. Il subit, sous l'action conjuguée des courants résiduels et des vagues, une double sédimentation alimentée par les canaux d'évacuation de la centrale hydroélectrique de Gisenyi et surtout par la rivière Sebeya.
116. La profondeur moyenne jusqu'à 50m de l'aplomb du quai est de l'ordre de 0,40m. L'emprise côtière des installations du Projet Pêche est de 300m environ.
117. La cubature approximative des matériaux à draguer serait de:

$$300\text{m} \times (2,50-0,40)\text{m} \times 50\text{m} = 3150\text{m}^3 \text{ arrondi à } 3500\text{m}^3.$$

d) Port passagers de Gisenyi

118. La sédimentation, entretenue par les courants résiduels de la Sebeya et par les vagues, est alimentée par les débits solides relativement importants de cette rivière.
119. Tout le petit bassin et environ les deux tiers du grand bassin de mouillage des unités sont entièrement remplis de sédiments.
120. L'épaisseur de matériaux à draguer est de 2,50m.
121. Le volume à draguer est estimé à:

- petit bassin: $40\text{m} \times 20\text{m} \times 2,50\text{m} = 2000\text{m}^3$
- grand bassin: $\frac{2}{3} \times 60\text{m} \times 35\text{m} \times 2,50 = 1750\text{m}^3$

total	3750 m ³
arrondi à	4000 m ³

e) Port de Goma

122. La dégradation des profondeurs est liée à la situation exceptionnelle du niveau d'étiage constaté durant la mission. Le dragage serait envisagé si la persistance de cette situation était établie.

123. Les zones de dragage se répartiraient alors comme suit:

- poste d'accostage Ouest: 20m de long plus une emprise côtière de manoeuvre de 50m avec une profondeur moyenne de 1,20 m jusqu'à 10m des pieds de quai. Ce qui correspondrait à un volume à draguer de:

$$70\text{m} \times 10\text{m} \times (3.00 \times 1.20)\text{m} = 1260\text{m}^3$$

- poste d'accostage central: 40m de long, avec une profondeur moyenne de 2,00m jusqu'à 10m des pieds de quai, soit une cubature de dragage de:

$$40\text{m} \times 10\text{m} \times (3.00 - 2.00)\text{m} = 400\text{m}^3$$

- poste d'accostage Est: 20m de long avec une emprise côtière de manoeuvre de 50m et une profondeur moyenne de 0,80m jusqu'à 10m des pieds de quai, soit un volume à draguer de:

$$70\text{m} \times 10\text{m} \times (3.00 - 0.80)\text{m} = 1540\text{m}^3$$

124. Le volume de dragage total à envisager au port de Goma serait ainsi de: 3200m³.

f) Port de Bukavu

125. Sur la demande pressante de la SFE, en raison de la situation très critique qu'elle rencontre pour les opérations de mise à quai de ses unités (deux quais sur trois non accessibles en permanence, le troisième quai non accessible en période d'étiage), la RVF a entrepris en mai 1994 un levé hydrographique de la rade du port de Bukavu.

126. Le plan hydrographique qui en est résulte figure aux annexes 3(a) et 3(b).

127. Le levé a été effectuée à l'échelle du 1/1000 et les profondeurs sont exprimées en décimètres (annexe 3(a)). ce qui veut dire que un centimètre sur le plan équivaut à 10m sur le terrain, donc que la longueur du quai n°2 est d'environ 20m. Ce qui ne semble pas être le cas. Ce plan pourrait être sujet à une erreur d'échelle.

128. Les données de ce plan ont été toutefois exploitées pour estimer la cubature de dragage à prévoir au port de Bukavu. On évalue ainsi un volume de 2000m³ pour l'assainissement des

profondeurs de la rade ce port (voir le détail des calculs à l'annexe 4 a, b et c).

129. Les besoins totaux de dragage des ports du lac Kivu sont estimés à 15 500m³.

2.2.2 Nature des matériaux à draguer

130. Pour l'exécution des travaux de dragage, la nature des matériaux se définit à partir des courbes granulométriques. Ce qui suppose des collectes d'échantillons de ces matériaux suivies de leur analyse granulométrique en laboratoire.

131. Aucune des infrastructures portuaires du lac Kivu n'a fait l'objet d'une telle étude.

132. Toutefois, selon les sources qui alimentes les sédimentations portuaires identifiées, on peut formuler une description qualitative des matériaux impliqués:

- (i) Port Kitracco à Gisenyi: avant de déboucher au lac Kivu, le Kitsimby traverse un sol volcanique à pente forte et ensuite une petite plaine alluviale. Les matériaux chariés comportent ainsi un fort pourcentage de sable volcanique et un peu de sable limoneux-argileux;
- (ii) Port du Projet Pêche et Port Passagers de Gisenyi: la rivière Sebaya reçoit les matériaux évacués du "dessableur" du réservoir de retention de la centrale hydroélectrique de Gisenyi. Il s'agit presque exclusivement de sable moyen avec un très faible pourcentage de limon;
- (iii) Port de Bukavu: la rivière Kawa sert en même temps de voie d'évacuation des eaux usées d'une grande partie de la ville de Bukavu. Elle traverse une zone dont le sol est essentiellement constitué de sable limoneux avec un taux plus élevé de sable. Les matériaux se déposant dans la rade portuaire de Bukavu sont ainsi composés de sable, de limon et de matières organiques diverses.

133. Le tableau 1 ci-après recapitule les besoins de dragage intéressant les ports du lac Kivu.

TABLEAU 1: Définition des besoins en dragage des ports du lac Kivu

INFRASTRUCTURES PORTUAIRES	ORIGINE SEDIMENTATION	FACTEURS HYDRODYNAMIQUES EN JEU	NATURE DES MATERIAUX	METHODE DE CALCULER DES CUBATURES	CUBATURE (m ³)
CYANGUNGU	-	étiage prononcé	-	-	500
PORT KITRICO	Rivière Kitsimby	Courants résiduels	sable volcanique limon-argile	estimation	4000
PORT PROJET	Débouché Centrale Gisenyi Rivière Sebeya	Courants résiduels et vagues	sable avec un peu de limon	estimation	3500
PORT PASSAGER GISENYI	Rivière Sebeya	Courants résiduels et vagues	sable avec un peu de limon	estimation	4000
PORT BUKAVU	Rivière Kawa	Courants résiduels	sable avec limon et matières organiques	plan hydrographique de prédragage	2000
PORT GOMA	-	étiage prononcée	-	estimation	3200

Source: CEA

TOTAL

15
200m³

arrondi à

15 500m³

2.3 Estimation précise des cubatures de dragage

134. En se référant au tableau 1, il apparaît que, sous réserve des remarques émises sur la

précision du plan hydrographique de prédragage établi par la RVF pour le port de Bukavu, aucune estimation précise des cubatures à draguer n'ait pu être établie faute de données hydrographiques y relatives.

135. L'exécution des levés hydrographiques de prédragage conditionne ainsi la disponibilité d'évaluations précises des cubatures à draguer dans chaque port.

136. Ces plans constituent en même temps des outils de travail indispensable à l'établissement des programme de dragage dont en particulier de délimitation des zones d'intervention.

137. A l'instar de ce qui a été fait pour les port CEPGL du lac Tanganyika, l'exécution en coopération de ces levés hydrographiques de prédragage devra être envisagée. Cette coopération impliquera la RVF, la Division des Transports Terrestres du Rwanda, le Secrétariat Exécutif Permanent de la CEPGL (SEP/CEPGL) et la CEA. Les modalités en seront définies au sein du COPTRALAC qui mettra en place un groupe de travail ad-hoc sur le dragage lacs Kivu-Tanganyika en renforçant le groupe de travail existant pour le lac Tanganyika. Les propositions de ce groupe de travail seront soumises par le biais du COPTRALAC à l'appréciation des responsables concernés de la CEPGL. Il y aura lieu de réactiver le COPTRALAC. Le coût d'exécution de ces levés hydrographiques, dans l'esprit de la coopération suggérée ci-dessus, est de l'ordre de 10 000USD.

2.4 Equipement de dragage requis

2.4.1 Usage d'une pelle mécanique

138. Aucune drague n'est disponible actuellement sur le lac Kivu.

139. Les seuls équipements de génie civil existants dans le voisinage immédiat du lac et susceptibles d'être utilisés à des fins de dragage sont des pelles mécaniques travaillant en rétro. Le Ministère des Travaux Publics du Rwanda, l'office des Routes du Zaïre et des entreprises de génie civil opérant dans la région du lac disposent de ce matériel.

140. Pour pouvoir balayer toute la zone à draguer dans chaque rade, la pelle doit être embarquée sur un ponton.

141. La SFE dispose d'un ponton dont les caractéristiques sont:

- matériel flottant constitué de deux barges de type B5-B6 de 35T chacune soit une capacité portante de 70T;
- plate-forme de 19,10m de longueur et 3,65m de largeur;
- tiran d'eau en charge de 1,28m.

142. Ce ponton est en bon état et peut embarquer tout type de pelle mécanique.

143. La profondeur de dragage est de 3,00m à partir du niveau des plus basses eaux (zéro hydrographique); les travaux sont programmés en étiage normal, c'est à dire à 0,50m environ au-dessus du niveau du zéro hydrographique; le franc bord du ponton chargé avec la pelle et ses accessoires est de l'ordre de 0,50m; une marge de 0,50m sur la flèche de la grue étant nécessaire pour permettre à celle-ci de travailler correctement. Dans ce conditions, la pelle devra au minimum avoir une flèche de:

$$3,00m + 0,50m + 0,50m + 0,50m = 4,50m.$$

144. L'inconvénient de la pelle mécanique est son faible rendement pour des travaux sous-eau. Il n'est pas aisé d'évaluer avec précision ce rendement sous essai direct in-situ. Une valeur approximative 10m³ par heure peut être retenue avec les hypothèses de travail ci-après: capacité du godet de 0,50m³, perte de remplissage et en manoeuvre de 50% soit 0,25m³ de matériaux dragués par godet, une fréquence de 1 godet toutes les 90 secondes (1 minute 30) soit 40 par heure.

145. Ce qui correspond, avec 10^h effectives de travail journalière, à un volume de dragage de 100m³, soit approximativement 150 jours de travail effectifs pour exécuter les travaux de dragage des ports du lac Kivu pris en compte dans le cadre de la présente étude.

2.4.2 Utilisation de la drague-line (grue Lima C45) de la RVF

146. L'agence de la RVF à Kaliémie dispose d'une grue Lima sur chenille munie d'accessoire pour travailler en drague-line avec un rendement de 30 à 40m³ par heure. Son installation sur le ponton de la SFE ne pose aucun problème particulier. Sa location proposée par la RVF est actuellement de 90 Dollars des Etats Unis par heure de fonctionnement. Le m³ de dragage sera ainsi compris entre 3 et 2,25 Dollars des Etats Unis. Le taux généralement appliqué aux petits chantiers de dragage, tels que ceux des ports du lac Kivu, oscille entre 3 et 4 Dollars des Etats Unis par m³.

147. Le recours à cet équipement, mieux adapté aux interventions de dragage, permettra d'exécuter les opérations sur le lac Kivu en un peu plus de trois mois (au lieu de neuf mois effectifs soit une période d'au moins trois ans correspondant à trois étiages en utilisant une pelle mécanique).

148. La profondeur de dragage de la drague Lima étant largement supérieure à 5m, l'obligation d'opérer uniquement en période d'étiage, comme c'est le cas pour la pelle mécanique, ne se pose pas. Ce qui offre un double avantage:

- possibilité d'adopter une programmation continue des travaux, donc d'éviter des coûts supplémentaires de mise en chantier et de repliement du matériel;

- possibilité de choisir la période d'intervention de façon à opérer durant la saison des eaux calmes, notamment dans les zones peu abritées telles la rade des ports Passagers et du Projet Pêche de Gisenyi. Ce qui réduit du façon très sensible les temps morts de dragage donc les délais et les coûts d'exécution.

2.4.3 Utilisation de la drague ONATOUR

149. L'exploitation en coopération de cette drague pour les travaux de dragage des ports CEPGL du lac Tanganyika était convenue dans le cadre du COPTRALAC. Pour ce faire, il était proposé que la drague fusse rétrocédée par ONATOUR à la Direction des Voies Navigables du Burundi. La drague appartient en effet à l'Office National burundais des Tourbes (ONATOUR). N'étant pas adaptée à l'exploitation des toubières au Burundi, la drague n'est pas utilisée par ONATOUR. Depuis son acquisition en 1987, la drague est immobilisée à sec au quai containers du port de Bujumbura. Elle est par contre parfaitement adaptée à l'exécution de travaux de dragage pour chantiers de taille moyenne tels que les ports CEPGL du lac Tanganyika.

150. Son rendement relativement plus important (plus de 100m³/h) ne semble pas convenir pour les travaux du lac Kivu, d'autant plus que son déplacement par route sur porte-engin de Bujumbura au lac Kivu implique des opérations de démontage et remontage plutôt couteuses.

151. Elle a cependant l'avantage de ne pas nécessiter l'usage du ponton. Son intervention est préférable à celle d'une pelle mécanique en cas de non disponibilité de la grue Lima. C'est seulement dans ce contexte que l'on envisagera le recours à ses services.

2.5 Exécution en coopération des travaux de dragage du lac Kivu

152. Comme cela avait été fait pour la restauration du balisage et ses échelles d'étiage du lac Kivu et cela avait été convenu pour l'exécution des travaux de dragage des ports CEPGL du lac Tanganyika, des interventions concertées devraient être envisagées pour entreprendre les travaux de dragage des ports du lac Kivu. Cette opération conçue dans le cadre du COPTRALAC impliquera la RVF, la Division des Transports Terrestres du Rwanda, le SEP/CEPGL et la CEA et inclura les différentes phases des opérations à savoir: la recherche de financement et l'exécution concertée des levés hydrographiques de prédragage; la recherche de financement et l'exécution des travaux de dragage proprement dit. Ce qui suppose la réactivation du COPTRALAC comme proposée précédemment.

TROISIEME CHAPITRE

3. MESURES A PRECONISER AFIN DE PRESERVER LES CONDITIONS DE PROFONDEUR APRES L'EXECUTION DES TRAVAUX DE DRAGAGE

153. Les informations consignées au tableau 1 montrent que les deux principales causes de dégradation des profondeurs des rades portuaires du lac Kivu sont:

- le niveau d'étiage prononcé; et/ou;
- les débits solides apportés par des affluents du lac débouchant dans les environs des infrastructures portuaires.

154. Après l'exécution des travaux de dragage, des mesures appropriées doivent être prises pour limiter les impacts négatifs de ces facteurs sur la profondeur.

3.1 Niveau d'étiage prononcé

155. S'il n'est pas possible de limiter les conséquences de ce facteur sur la profondeur, on peut par contre en prévoir l'évolution afin de décider ou non de la nécessité d'intervenir par dragage.

156. Cette prévision n'est toutefois possible que si on dispose des données d'observation des variations du niveau d'eau, lesquelles fournissent les éléments nécessaires pour dégager la tendance d'évolution du niveau d'étiage. Un étiage prononcé prolongé pendant quelques années implique des travaux de dragage de correction pour éviter des périodes plus ou moins fréquentes et longues d'inaccessibilité des unités aux ouvrages d'accostage.

157. Ces données résultent de l'exploitation des enregistrements continus des variations du niveau du lac avec des limnigraphes ou du moins des observations, à des intervalles de temps bien définies (toutes les 6h) mais non interrompues, de ce niveau à partir des échelles d'étiage convenablement réparties sur le littoral.

158. Pour le lac Kivu, les échelles d'étiage récemment restaurées, ont pratiquement disparu faute de surveillance et de contrôle. Aux échelles qui subsistent encore, les relevés ne sont pas faits régulièrement voire pas du tout.

159. Faute de données, il n'est pas possible, comme cela a été signalé, de savoir si la situation d'étiage exceptionnellement bas constatée sur le lac Kivu lors de la mission sur le terrain va persister, auquel cas les opérations de dragage des rades portuaires de Cyangugu et de Goma devront être programmées.

160. Une des mesures urgentes à prendre après l'exécution des travaux de dragage, voire dans l'immédiat, consistera donc à remettre en état toutes les échelles d'étiage du lac, à reprendre ou commencer les relevés limnimétriques et assurer la surveillance et l'entretien appropriés de ces échelles.

161. On se référera utilement au rapport d'exécution des travaux de balisage et de restauration des échelles d'étiage du lac Kivu pour l'évaluation précise du coût de cette opération. Le montant global ne dépassera pas 10 000 Dollars des Etats Unis. Ce qui représente une somme très modique dans la mesure où l'exploitation efficace, aussi bien des infrastructures portuaires que des unités de transport (prévision du taux de chargement adapté au tirant d'eau offert aux abords des ports), nécessite la connaissance des relevés sur ces échelles d'étiage.

3.2 Sédimentation des rades portuaires par les débits solides apportés par les affluents du lac

162. Sur les six infrastructures portuaires du lac Kivu visitées durant la mission, quatre sont implantées dans les environs immédiats des débouchés des affluents. Il se trouve qu'en raison du caractère plus ou moins abrupte du littoral du lac, ces zones d'épanchement sédimentaire offrent des sites où les profondeurs s'accordent à des techniques et des coûts de construction portuaire plus propices. Ce qui explique le choix de ces sites pour l'implantation des infrastructures portuaires du lac.

163. Si le phénomène de sédimentation qui se développe au niveau de ces sites est inévitable, il est par contre possible d'en limiter la vitesse et les intensités par des ouvrages appropriés de protection des rades.

164. De tels ouvrages ont pour fonction de diriger les débits solides de façon à éloigner leur expansion dans le lac, du fait des courants résiduels et/ou des vagues, des aires de manoeuvres portuaires.

165. Une canalisation et stabilisation convenablement conçues du cours de l'affluent dans la zone d'embouchure donnent des réponses satisfaisantes à ce problème.

166. La buse Kawa en armco construite dans le temps, immédiatement au sud du port de Bukavu, avait joué ce rôle protecteur de la rade de ce port. Faute d'entretien, la buse s'était disloquée. Pour la remplacer, la SFE construit actuellement une canalisation en maçonnerie de moellon recouverte de dalles amovibles en béton armé afin d'en faciliter l'entretien.

167. La conception d'ouvrages similaires pour les infrastructures portuaires exposées à des problèmes de sédimentation et leur construction immédiatement après l'exécution des travaux de dragage s'avèrent indispensables sinon pour préserver ces infrastructures de la dégradation rapide des profondeurs dans leur rade, du moins pour ralentir de façon très sensible cette dégradation.

168. Le modèle d'ouvrage adopté par la SFE pour la protection du port de Bukavu contre la sédimentation peut utilement servir de modèle. des échanges d'expérience en matière de conception et de construction de ce type d'ouvrage figurent parmi les actions à promouvoir dans le cadre du COPTRALAC et à lier à tout programme de dragage des ports du lac Kivu sous influence des débits solides véhiculés par ses affluents.

B. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

169. Le lac Kivu, en tant qu'infrastructure de transport par voies d'eau intérieures, joue un rôle essentiel dans la desserte, le désenclavement interne, et vers l'extérieur d'une région économique important du territoire de la Communauté Economique des Pays des Grands Lacs.

170. Par son origine volcanique, le lac présente des abords aux reliefs très accidentés, avec des sols instables sous un climat plutôt humide (deux saisons de pluie par an). C'est dire que les conditions qui renchérissent tout projet de construction routière y sont remplies.

171. Cette solution rend plus attractive les opérations de navigation intérieure sur le lac.

172. L'exploitation efficace de ces services est toutefois confrontée à des problèmes parmi lesquels s'inscrit la dégradation des profondeurs des rades des ports du lac, entretenue par un niveau d'étiage exceptionnellement bas et/ou par une sédimentation alimentée par les débits solides des rivières débouchant dans les environs immédiats de ces ports.

173. Cette situation affecte très sensiblement les conditions d'accessibilité aux ouvrages des ports du lac, à tel point qu'actuellement, l'accostage à certains quais n'est plus possible.

174. Des interventions par dragage sont indispensables pour assainir les rades de ces ports, qui n'ont pas pu être visités dans leur totalité durant la mission: certains d'entre eux tels que les ports de Kibuyé et de Kirambo au Rwanda se trouvant à cette époque dans des zones d'insécurité n'étaient pas accessibles.

175. La cubature globale des travaux de dragage à prévoir est estimée à 15 500m³. Du fait de la non disponibilité d'éléments de calculs précis de cette cubature, à savoir des plans de levés hydrographiques de prédragage, les cubatures ont été estimées sauf en ce qui concerne le port de Bukavu, hydrographié récemment par la Régie des Voies Fluviales.

176. Le volume ainsi déterminé permet toutefois d'apprécier l'importance des travaux à envisager, sans exclure la nécessité d'entreprendre au plus vite et en coopération les levés hydrographiques faisant lacune.

177. A cet égard, il est recommandé que la formule adoptée, ayant permis l'exécution de travaux similaires intéressant les ports CEPGL du lac Tanganyika soit retenue. Ce qui suppose que les activités du COPTRALAC puissent reprendre sans tarder.

178. Les chantiers de dragage à programmer au niveau de chacune des infrastructures examinées sont de taille relativement réduite. Ils s'adaptent peu à l'usage d'une drague de haute performance telle que celle appartenant à ONATOUR. Le recours à la grue Lima de la RVF constitue la solution la plus appropriée. L'exploitation en coopération de cet équipement pour l'exécution des travaux de dragage des ports du lac Kivu devra être examinée par le groupe de

travail ad-hoc du COPTRALAC.

179. Il est recommandé que, sur base des propositions d'exécution en coopération de ces travaux formulées dans cette étude, le groupe de travail ad-hoc arrête un programme d'action concret, lequel sera avalisé par le COPTRALAC qui le soumettra aux responsables concernés de la CEPGL pour recherche du financement nécessaire à l'exécution des travaux.

180. Des mesures devront être prises afin, sinon de préserver les infrastructures portuaires du lac de la dégradation de leur profondeur d'accès, du moins de ralentir très sensiblement le développement de ce phénomène.

181. Parmi ces mesures figurent la remise en état des échelles d'étiage, leur surveillance et entretien, l'exécution convenable des relevés limnimétriques, la conception et la construction d'ouvrages de canalisation et de stabilisation des cours d'eau au niveau des zones d'embouchure.

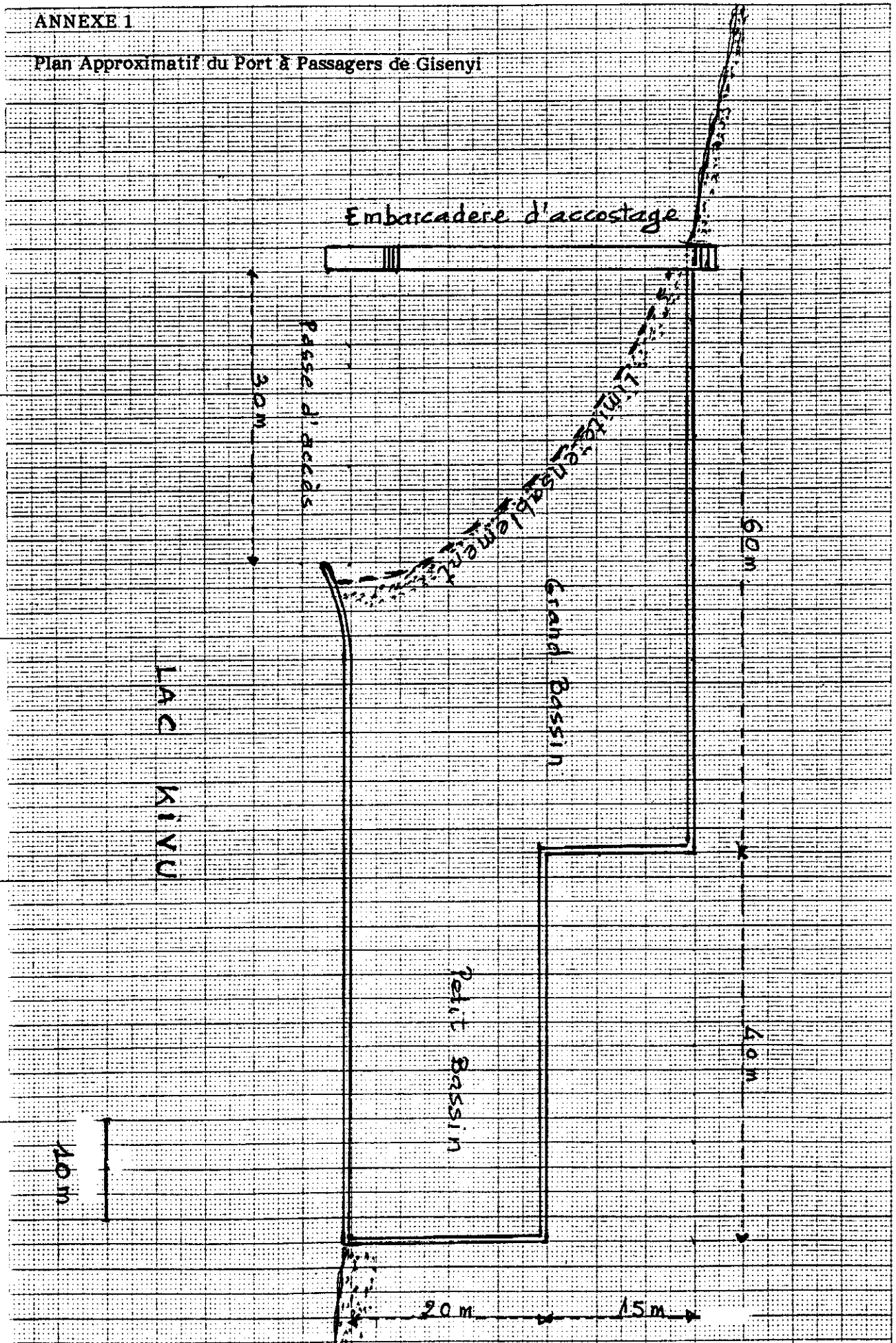
182. Il est recommandé que des membres du groupe de travail ad-hoc du COPTRALAC soient désignés pour entreprendre des missions de reconnaissance des différentes infrastructures portuaires du lac Kivu afin:

- (i) d'établir l'inventaire précis des échelles d'étiage à entretenir et/ou à renouveler ainsi que le devis estimatif d'exécution de ces travaux;
- (ii) de concevoir des ouvrages de protection des rades des infrastructures portuaires exposées à des phénomènes de sédimentation. Cette conception inclura l'élaboration des plans d'exécution de ces ouvrages et l'établissement des devis quantitatifs et estimatifs des travaux.

183. Les dossiers ainsi préparés seront examinés par le COPTRALAC pour être présentés à l'appréciation des responsables de la CEPGL aux fins de recherche de financement.

ANNEXE 1

Plan Approximatif du Port à Passagers de Gisenyi



Liste des Unités rwandaises opérant sur ce lac Kivu

Inventaire des unités rwandaises pour le transport des marchandises sur le lac Kivu

	"Appellation"	Propriétaire	Capacité		Lieu de garage habituel	Type de bateau
			Caisses primus	Tonnes		
1.	Tembo	TRAFIPRO		110	Kibuyé	Remorque
2.	Buda	"		60	"	"
3.	Dominique	"		50	"	"
4.	Jeannette	"		60	"	"
5.	Chantal	"		25	"	"
6.	Gitamara	"		10,5	"	Remorqueur
7.	Karonni	"		-	"	"
8.	Walungu	Nzamura baho	200	3,4	Mugonero	Automoteur
9.	Izeligana	Ngwijabarezi	300	5,1	Kirambo	"
10.	Munimba	"	110	2	"	Remorque
11.	Imvubu	Mzabakirana	3.000	51	"	"
12.	Rambira	Nyilinkwaya	2.500	42	Shara	Automoteur
13.	Muramba	Kanyamashyo	200	5,4	Kinunu	"
14.	Karona	Kayihura	2.000	34	Kibuyé	"
15.	-	Ntagize	100	1,7	Nkombo	Zodiac
16.	Umwambi	Banzi	520	9	Gisenyi	Automoteur
17.	Nyamirere	Minani	700	12	Cyangugu	Remorqueur
18.	Migogo	Kanyandeye	900	15	"	Remorque
19.	Marie-Françoise	Sibuli	2.300	39,1	Shangi	"
20.	Gihohohoho	"	60	1	"	"
21.	Umulimo	"	720	12	"	Automoteur
22.	Ramba	Abdulatif	-	-	Cyangugu	Remorqueur
23.	Rwanda	"	1.500	25	"	Remorque
24.	Jijuka	"	1.000	17	"	Remorqueur
25.	Amahoro	"	1.000	17	"	Remorque
26.	Mudende	Kanyamuhanda	3.500	59,5	"	Automoteur
27.	Leya	Kanyamdege	1.200	20,4	"	"
28.	Kirambo	Semanyenzi	3.000	51	Kirambo	Remorque
29.	Kirambo	"	200	3,4	"	Remorqueur
30.	Kabambali	Mugambira	-	-	Kilimbi	Automoteur
31.	Jacaud */	COLI	-	25	-	"
32.	Coopérative Impala	Coopérative Impala	-	2,5	-	"
33.	Coopérative Impala	Coopérative Impala	-	20	-	"
34.	Rurangwa	Rurangwa	-	15	-	"
35.	Rurangwa	"	-	7	-	"
36.	Kimbitigiti	Abdulatif	1.200	20,4	Cyangugu	"
37.	Kamabere	"	1.200	20,4	"	"
38.	Vedette n°1	ONATRACOM	50P		Gisenyi	"
39.	Vedette n°2	"	50P		"	"

*/ Du n°33 à 39, ces données viennent du MINITRANSCO (1979) mais n'ont pas été enregistrées par la mission BUNEP. Il est probable que embarcations citées aient été déclassées ou aient adopté une autre appellation.

Liste des unités zairoises opérant sur le lac Kivu

INVENTAIRE DE LA FLOTTE ZAIROISE

UNITES	Année de mise en service	Capacité tonnage	Longueur (m)	Largeur (m)	Tiran d'eau (m)	Date dernier carénage
1. VEGETTES PASSAGERS						
Ruzizi	1954	45P.	23,24	4,20	1,80	1975
Rutoburu	1954	45P.	23,24	4,20	1,80	1975
Mbandaka	1973	115P.	32,50	5,20	2,25	1978
Matadi	1973	115P.	32,50	5,20	2,25	1976
2. AUTOMOTEURS						
Karisimbi	1952	130t	35,00	5,52	2,30	1976
Mikeno	1952	130t	35,00	5,52	2,30	1980
Albatros	1954	9t	12,67	2,45	1,33	1975
Potopoto	1932	218t	40,20	7,20	2,70	1962
3. REMORQUEURS						
Kibati	1941	23t	19,29	3,55	1,55	1977
Kirambo	1948	14t	15,16	3,37	1,45	1978
Kalehe	1948	14t	15,16	3,37	1,45	1981
Katutu	1957	6,50t	15,00	3,62	1,60	1975
Katana	1955	6,50t	15,00	3,62	1,60	1978
Ishara	1948	14,50t	15,16	3,57	1,45	1981

INVENTAIRE DE LA FLOTTE ZAIROISE**BARGES**

Types	Mise en service	Tonnage (tonnes)	Longueur (m)	Largeur (m)	Tirau d'eau (m)	Date dernier carénage
Type B						
B1	1948	34,875	19,10	3,68	1,28	1979
B2	1948	34,875	19,10	3,68	1,28	1977
B4	1948	34,875	19,10	3,68	1,28	1978
B7	1949	34,875	19,10	3,68	1,28	1978
B8	1950	34,875	19,10	3,68	1,28	1978
B9	1950	34,875	19,10	3,68	1,28	1980
Type C						
C1	1958	70,5	18,16	4,50	1,85	1980
C2	1958	70,5	18,16	4,50	1,85	1981
C3	1958	76,5	22,71	3,50	1,82	1981
C4	1954	76,5	22,71	3,50	1,82	1978
C5	1954	76,5	22,71	3,50	1,82	1979
C7	1954	76,5	22,75	3,50	1,80	1981
C8	1957	77,7	22,21	3,51	1,80	1981
C9	1957	77,7	22,21	3,51	1,80	1981
C10	1957	77,7	22,21	3,51	1,80	1981
C11	1957	77,7	22,21	3,51	1,80	1981
Type D						
D1	1931	105,0	25,75	5,00	2,20	1976
D2	1931	105,0	25,75	5,00	2,20	1981
D3	1954	129,5	27,50	5,00	2,20	1976
D4	1958	158,0	30,66	6,01	2,21	1977
D5	1958	158,0	30,66	6,01	2,21	1975
Type G						
G81	1958	79,3	24,47	3,50	1,80	1980
G82	1958	79,3	24,47	3,50	1,80	1980
G83	1958	79,3	24,47	3,50	1,80	1976
G84	1958	79,3	24,47	3,50	1,80	1976
PONTON						
B5-B6	1949	35,0	19,10	3,68	1,28	1977
XI	1926	54,4	22,15	3,55	1,30	1980
X2	1934	54,4	22,15	3,55	1,30	1980
XH-1	1938	62,0	23,65	3,55	1,50	1976
XH-2	1938	62,0	23,65	3,55	1,50	1980

REPUBLIQUE DU ZAIRE
REGIE DES VOIES FLUVIALES
ETABLISSEMENT PUBLIC BIEF SUPERIEUR

LAC KIVU (BAIE DE LA KAHAWA)

PORT DE BUKAVU

SITUATION MAI 1994

LEVE ET DESSINE PAR
BULUNGULE

CALQUE PAR
ABEDI FUNDI

N°

KALEMIE le 19-5-94

APPROUVE PAR
LE REPRESENTANT GI
MBAVUMOYA PL

- LES SONDAGES EXECUTES AU PLOMB POISSON SONT EXPRIMES EN DECIMETRES
- DU 3^e AU 5^e PROFIL VERS LA RIVIERE KAHAWA LES SONDAGES SONT EXPRIMES EN METRES EN PARTANT DE LA BORNE RVF COTE HYDROGRAPHIQUE 3,30 m
- PENDANT LE LEVE LE NIVEAU DU LAC KIVU INDIQUAIT -0,82 A L'ECHELLE PRINCIPALE DU PORT
- LES DESSINS DU BATIMENTS ET AUTRES SONT REPRIS DU PLAN SFE N° SP/602 DU 31-10-84
- LA COURBE DE 1m EST CELLE DE — — — — —

11 2m 11 11 11 — — — — —

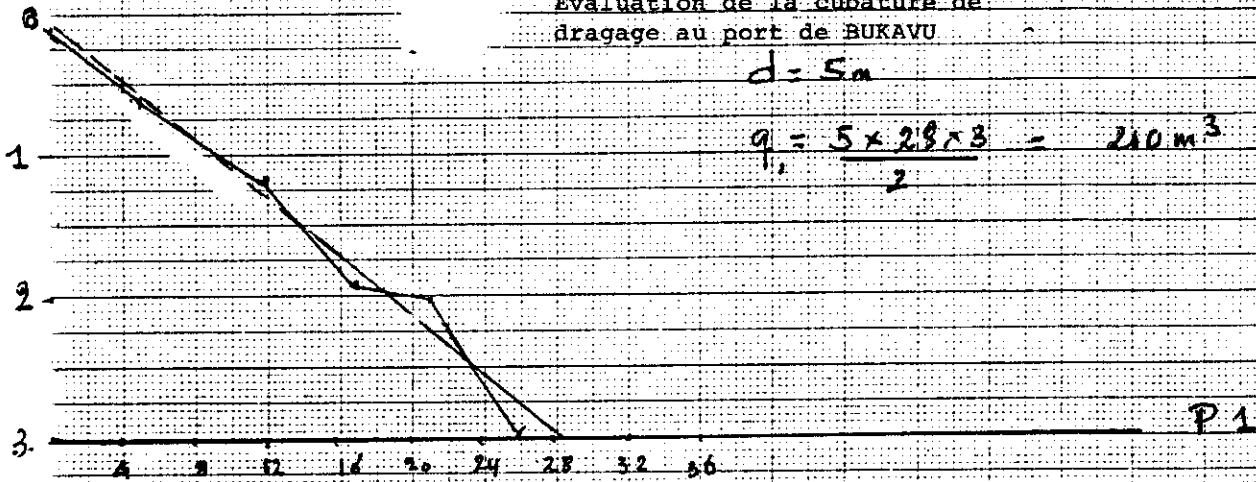
11 5m 11 11 11 — — — — —

ANNEXE 4 (a)

Evaluation de la cubature de
dragage au port de BUKAVU

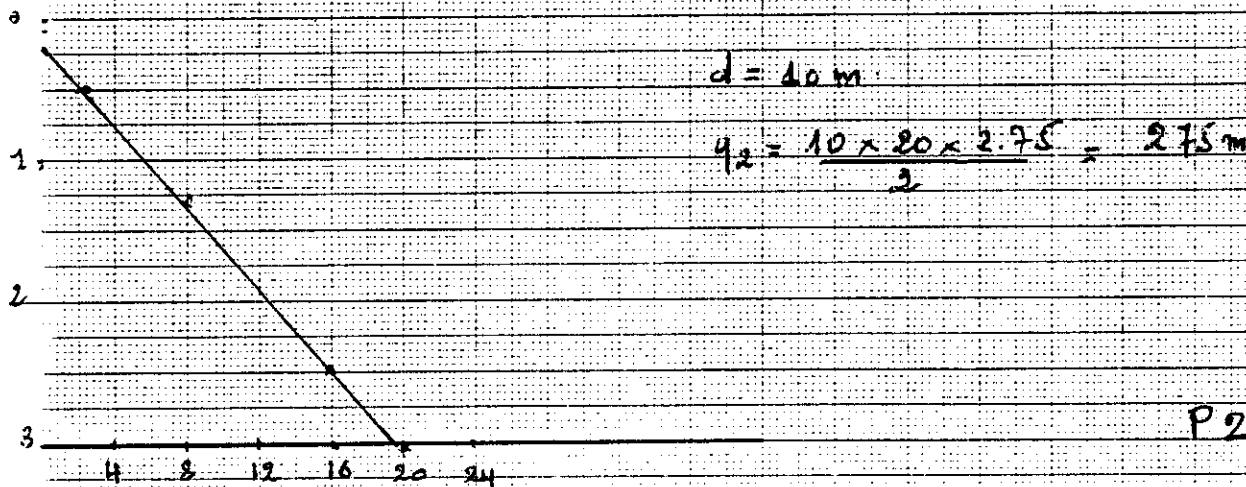
$$d = 5m$$

$$q_1 = \frac{5 \times 28 \times 3}{2} = 210 m^3$$



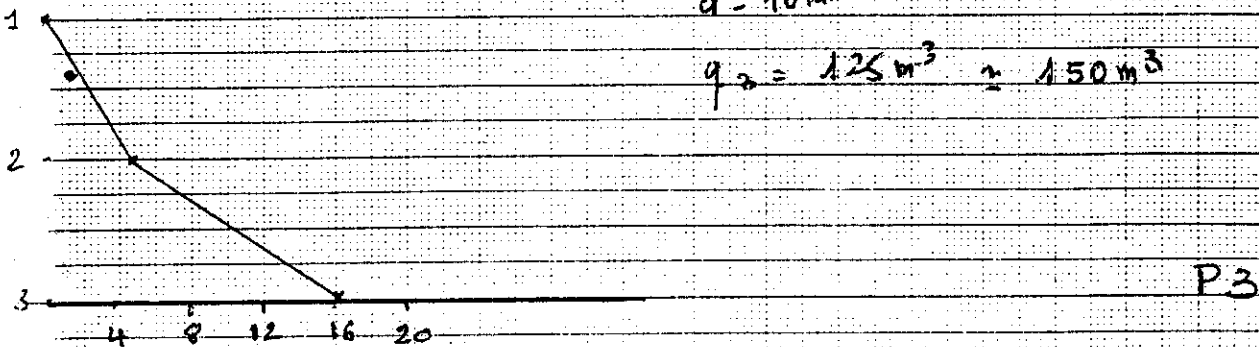
$$d = 10m$$

$$q_2 = \frac{10 \times 20 \times 2.75}{2} = 275 m^3 \approx 300 m^3$$

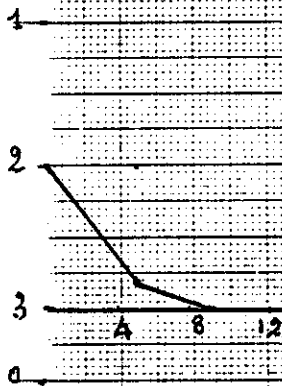


$$d = 10m$$

$$q_3 = 125 m^3 \approx 150 m^3$$



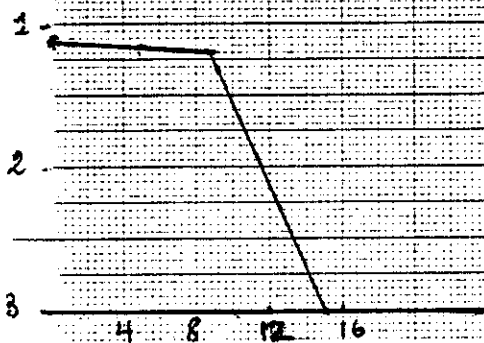
Evaluation de la cubature de
dragage au port de BUKAVU (Suite)



$$d = 5 \text{ m}$$

$$q = \frac{1 + 0,30}{2} \times 5 + \frac{0,2 \times 5}{2} \times 5 \approx 20 \text{ m}^3$$

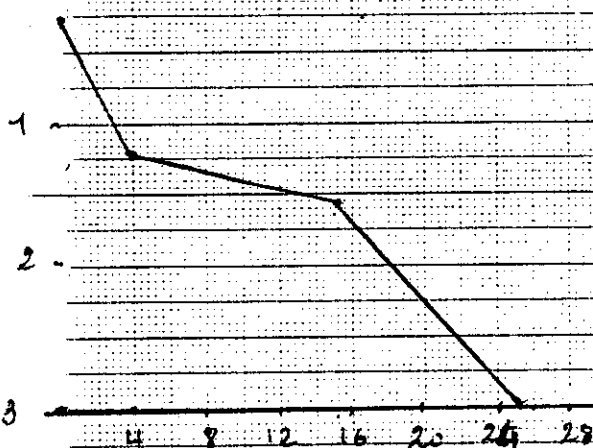
P4



$$d = 10 \text{ m}$$

$$q = \frac{(1,20 + 1,80) \times 10}{2} + \frac{1,80 \times 5}{2} \times 10 = 230 \text{ m}^3$$

P5



$$d = 10 \text{ m}$$

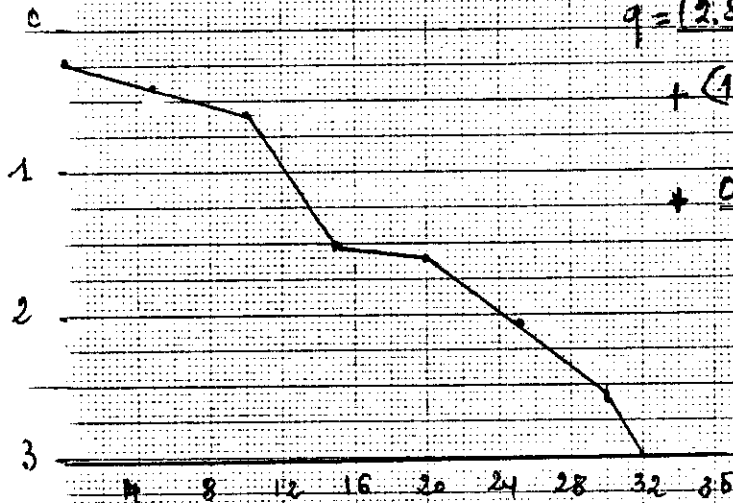
$$q = \frac{(1,20 + 1,80) \times 5}{2} \times 10 + \frac{(1,80 + 1,40) \times 10}{2} \times 10 + \frac{1,40 \times 10}{2} \times 10 \approx 350 \text{ m}^3$$

P6

Evaluation de la cubature de
dragage au port de BUKAVU (Fin)

$$d = 10 \text{ m}$$

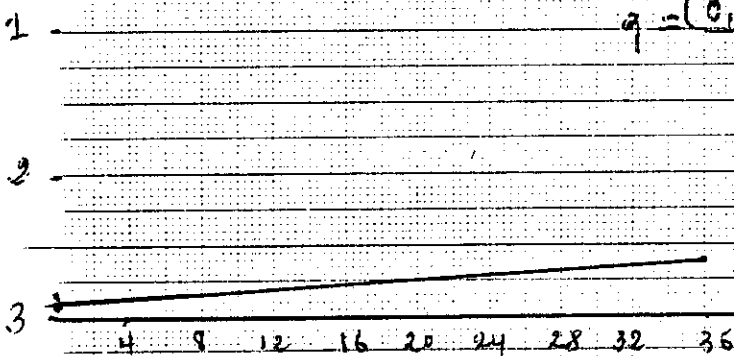
$$q = \frac{(2,80 + 2,60) \times 10 \times 10}{2} + \frac{(2,60 + 1,50) \times 5 \times 10}{2} + \frac{(1,50 + 1,40) \times 5 \times 5}{2} + \frac{(1,40 + 0,40) \times 10 \times 10}{2} + \frac{0,40 \times 2}{2} \times 10 = 540 \text{ m}^3$$



P7

$$d = 10 \text{ m}$$

$$q = \frac{(0,2 + 0,6) \times 36 \times 10}{2} = 150 \text{ m}^3$$



P8

$$Q = 210 + 300 + 150 + 20 + 230 + 350 + 540 + 150 = 1900 \text{ m}^3$$

arrondi à 2000 m^3