



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



TOGETHER
for a sustainable future

DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

FAIR USE POLICY

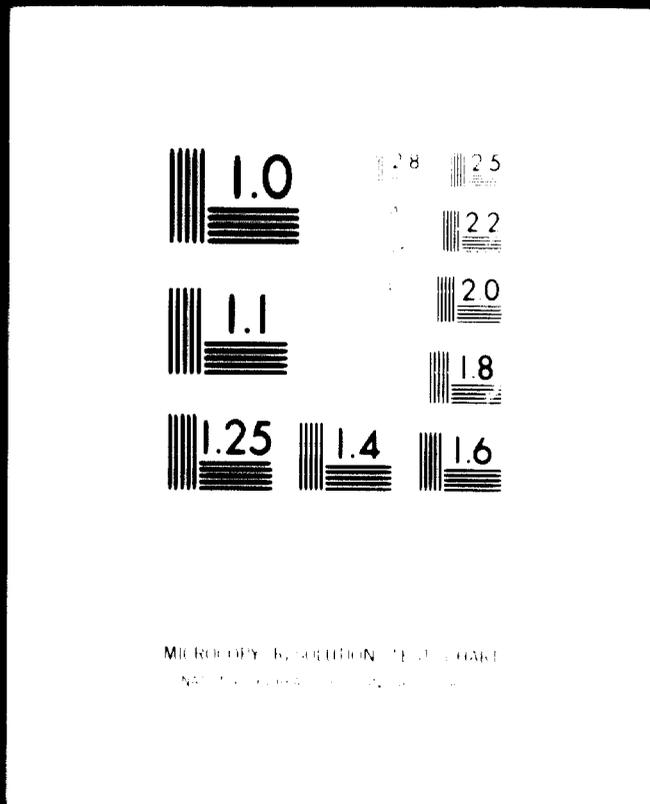
Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

CONTACT

Please contact publications@unido.org for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org

1 OF 1



24x
F

03711-F

UNIDO/ITD
14 août 1968

ID/OA 420 RWA
SIS 68/323 (RWA-13)

RWANDA.

ASSISTANCE DE L'ONU
DI

LA CREATION D'UNE INDUSTRIE D'ENGRAIS
BASEE SUR LE GAZ NATUREL DU LAC KIVU :
RENSEIGNEMENTS GENERAUX

Frédéric Sager
Conseiller interrégional
Division de la technologie industrielle
ONU
DI

SOMMAIRE

On fait le point des connaissances sur les divers aspects du problème, en partant des études qui ont été faites sur le gaz en dissolution dans les couches les plus profondes du lac, des renseignements bathymétriques et de l'évaluation des réserves totales de gaz.

On décrit ensuite l'usine pilote de Cap Rubona pour l'extraction et la purification du gaz du lac Kivu. Des précisions sur son fonctionnement sont données et il est fait état des enseignements tirés jusqu'à présent de six années de pratique. On envisage la possibilité d'une expansion, en insistant plus particulièrement sur l'utilisation du gaz pour la fabrication d'engrais azotés, ce qui est considéré comme une condition sine qua non du "démarrage" économique du Rwanda. En conclusion, un plan est établi, indiquant les mesures qui devront être prises pour réaliser ce programme.

TABLE DES MATIERES

	<u>Page</u>
I. INTRODUCTION	1
II. COMPOSITION DU GAZ, DONNEES BATHYMETRIQUES, EVALUATION DES RESERVES DE GAZ	2
III. L'USINE PILOTE DU CAP RUBONA POUR LA RECUPERATION ET LE LAVAGE DU GAZ NATUREL DU LAC KIVU	4
IV. L'UTILISATION DU GAZ NATUREL DU LAC KIVU, CONDITION DU "DECOLLAGE" DE L'ECONOMIE DU RWANDA	6
V. COMMENT ACCROITRE LA PRODUCTION ET L'UTILISATION DU GAZ NATUREL DU LAC KIVU	7
VI. ASSISTANCE QUE L'ONU DI POURRAIT OFFRIR POUR FACILITER LA REALISATION DU PROGRAMME	9
VII. BIBLIOGRAPHIE	12
VIII. ANNEXES	13

I. INTRODUCTION

Les faits et opinions relatés dans d'autres documents ne seront pas reproduits ici, à moins qu'ils ne soient jugés indispensables à la compréhension de la présente étude.

La documentation qui se rapporte aux problèmes considérés, rapports ou publications, est récapitulée au chapitre VII.

Un certain nombre de documents de référence qui ne sont généralement pas accessibles, ont été reproduits in extenso au chapitre VIII.

L'auteur a rapporté des renseignements de première main du voyage qu'il a récemment effectué au Rwanda (du 13 au 17 juillet) à la demande du Directeur exécutif, en tant que membre de la mission dirigée par M.A. Sylla (mémoire de M.A. Sylla à M. E. Ward, en date du 14 juin). Cette visite entrait également dans le cadre des travaux confiés à la mission SIS 68/323 (RWA-13). On trouvera au chapitre VIII (annexes) copie du document définissant le mandat de cette mission. Les conclusions de la mission sont rapportées au chapitre III.

Le 2 août, l'auteur de la présente étude a rencontré à Bruxelles M. van Vlaenderen et M. Fredrick, tous deux de l'OCD (Organisme de coopération au développement) et M. Froment, de l'Union chimique belge, qui ont tous été associés au projet du lac Kivu depuis son origine.

Au cours de la conversation, les aspects technologiques et hydrologiques du projet du lac Kivu ont été examinés. Les experts belges ont apporté à cette discussion une contribution intéressante, notamment en ce qui concerne l'exploration bathymétrique du lac, dont il est question au chapitre II.

A propos du problème posé par l'utilisation du gaz, l'auteur a reçu de M. Froment la copie d'une étude intitulée "Etablissement au Rwanda d'une usine d'engrais à partir du gaz du lac Kivu" qui vient d'être publiée par l'Université libre de Bruxelles.

L'auteur, M. J.F. Wouters, a été guidé dans son travail, qu'il a effectué avec le concours de M. Froment, par M. J. Bosquet, professeur à l'Université libre de Bruxelles et directeur de la Division des constructions mécaniques de l'Union chimique belge.

On trouvera au chapitre VIII (annexes) le texte intégral de ce rapport.

II. COMPOSITION DU GAZ, DONNEES BATHYMETRIQUES,
EVALUATION DES RESERVES DE GAZ

La composition moyenne du gaz dans les couches allant de 275 à 425 mètres au-dessous de la surface du lac est la suivante ^{1), 7), 8)},

CH ₄	24,9 %
CO ₂	73,5 %
H ₂ S	0,05 %
Gaz inertes	1,55 %

Dix-neuf prélèvements effectués à 300 mètres ont donné les mêmes résultats ainsi que six autres, effectués à des profondeurs allant de 275 à 425 mètres au-dessous de la surface du lac. Les mesurages auxquels on a procédé comprennent la détermination des rapports gaz-eau et méthane-eau qui varient, selon la profondeur, respectivement de 1,203 à 2,400 et de 0,3158 à 0,499. Il en a été conclu que la composition et la solubilité du gaz étaient homogènes à une profondeur donnée ^{7), 8)}.

La première carte bathymétrique a été publiée par Damas en 1937 ⁷⁾. Sous les auspices de l'"Institut royal des sciences naturelles" de Bruxelles, une révision de cette carte a été entreprise par Capart ¹⁾.

Par extrapolation on évalue à $50 \cdot 10^9$ m³ normalisés le volume approximatif des réserves totales de méthane du lac.

Les réserves de gaz sont de nature dynamique, du gaz frais étant continuellement produit par la décomposition du plancton. A l'heure actuelle, on ne dispose pas de données permettant de calculer exactement l'accroissement annuel de ces réserves ^{1), 8)}.

L'importance de données bathymétriques complètes est évidente, notamment pour des usines de récupération du type côtier.

Le risque de perte d'aspiration sera d'autant plus faible que l'on aura réussi à installer les tuyaux collecteurs plus près de la position verticale; cette perte apparaîtra quand la poussée du gaz sera égale aux pertes occasionnées par le frottement du gaz et du courant d'eau aspirés.

Pour choisir le lieu d'implantation de la prochaine usine de récupération on tiendra compte, bien entendu, de la proximité par rapport au lieu d'utilisation du gaz et du profil subaquatique de la côte du lac.

Il est donc recommandé de procéder au plus tôt à une étude bathymétrique complémentaire, notamment dans la région de Kibuye. Selon M. Froment et M. van Vlaenderen, dont nous avons parlé dans l'introduction, une telle étude pourrait être menée à bien en trois ou quatre semaines. Un navire équipé à cet effet serait encore dans les environs et on pourrait facilement obtenir d'une firme spécialisée qu'elle prête le matériel nécessaire à des sondages par écho.

III. L'USINE PILOTE DU CAP RUBONA POUR LA RECUPERATION ET LE LAVAGE DU GAZ NATUREL DU LAC KIVU

Le graphique d'acheminement et la liste des équipements, (drg. No 67 359), établis par l'Union chimique belge (annexe III) contiennent une description détaillée de l'usine pilote qu'elle a construite en 1962.

Le processus de fabrication comporte deux opérations simultanées de lavage. L'agent employé pour ce lavage est l'eau du lac, qui a un p_H de 9,3. Au moment de l'inspection, le gaz du lac était récupéré à une cadence de $270 \text{ m}^3/\text{h}$. De cette quantité, $30 \text{ m}^3/\text{h}$ étaient utilisés pour fournir l'énergie nécessaire au lavage et pour comprimer le gaz jusqu'à 2,5 et 4,0 at, ce qui correspondait à une production nette de $240 \text{ m}^3/\text{h}$, soit $2.10^6 \text{ m}^3/\text{an}$, avec un coefficient de rendement de 95 %. Enfin, l'usine employait 6 litres de mazout à l'heure, ce qui correspond, en pouvoir calorifique, à $12 \text{ m}^3/\text{h}$ de gaz; le volume de gaz consommé pour les besoins de la fabrication, s'élevait ainsi à 15,5 % du total.

Le plus faible pouvoir calorifique du gaz produit était de $4\,500 \text{ Kcal}/\text{m}^3$, ce qui correspond à $6\,000 \text{ Kcal}/\text{m}^3$ normalisés. (Le plus faible pouvoir calorifique du méthane est de $9\,313 \text{ Kcal}/\text{m}^3$ normalisés.).

L'Union chimique belge a fait breveter quelques-uns des procédés de cette usine unique en son genre. Les brevets et l'usine elle-même ont été par la suite transférés à la République du Rwanda aux termes d'un accord spécial. L'usine est à l'heure actuelle exploitée par REGIDESO, successeur rwandais de la "Régie des Eaux". Le gaz est vendu aux brasseries Bralirwa au prix de 4,5 cents des Etats-Unis le m^3 .

Trois catégories de problèmes demandent à être examinées :

- a) matériaux de construction;
- b) séparation du gaz et de l'eau;
- c) processus de lavage.

En ce qui concerne l'usine actuelle, les problèmes relevant de la rubrique a) présentent un caractère d'urgence. La corrosion des parties métalliques par l' H_2S provoque de sérieuses difficultés et certaines des principales valves ne peuvent plus être utilisées. Si l'on ne prend pas les mesures qui s'imposent, l'usine ne sera probablement plus en état de fonctionner d'ici trois ou quatre ans.

Les six années de fonctionnement ont permis d'acquérir une précieuse expérience, tant en ce qui concerne le matériel que les procédés techniques et ont été à l'origine d'un certain nombre d'études sur des améliorations possibles^{2), 4), 6)}.

Le FED (Fonds européen de développement) examine à l'heure actuelle un projet à court terme ayant pour objet l'amélioration de l'usine de Cap Rubona. Une somme de 280 000 dollars a été réservée à cet effet.

IV. L'UTILISATION DU GAZ NATUREL DU LAC KIVU,
CONDITION DU "DECOLLAGE" DE L'ECONOMIE DU RWANDA

Le méthane en solution dans les eaux profondes du Lac Kivu représente, à l'heure actuelle, la seule réserve d'hydrocarbures connue dans la région.

En tant que combustible, le méthane a pour concurrent d'importants dépôts de tourbe, notamment ceux de Ruhengeri et de Rugezi. On doit également tenir compte à cet égard des projets de production d'énergie hydro-électrique.

Bien que le méthane présente des avantages évidents sur la tourbe, tant en ce qui concerne la manutention que la combustion, le fait que l'industrie de la tourbe soit grosse consommatrice de main-d'oeuvre, et le caractère unique du méthane en tant que matière première pour l'industrie chimique, plaident en faveur d'une utilisation plus "noble" du gaz.

Le Rwanda, dont la population s'accroît plus rapidement que la production, et où la ration alimentaire par habitant diminue tandis que son sol s'épuise rapidement, s'achemine vers une situation dans laquelle la création d'une industrie locale d'engrais représenterait la façon la plus directe de briser le cercle vicieux du sous-développement et de créer les conditions d'un "décollage" économique.

Le déficit du commerce extérieur du Rwanda en 1964, 1965 et 1966 a été respectivement de 460 000, 7 000 000 et 14 000 000 dollars des Etats-Unis, chiffres qui corroborent cette analyse ⁵⁾.

Des calculs ont montré que des engrais azotés pourraient être fabriqués, dans des conditions économiques, à partir du gaz du lac Kivu ⁸⁾.

Le coût de production d'une tonne d'urée, à la cadence de 300 tonnes par jour, a été estimé à 57,5 dollars. Il faudrait quelque 60.10^6 m^3 de méthane normalisé par an pour produire 300 tonnes d'urée par jour.

Le coût du seul transport d'une tonne d'urée, depuis un port d'Europe occidentale jusqu'à Kigali, serait d'environ 93 dollars, la liaison étant assurée par chemin de fer de Mombassa à Kampala (1 210 km) et de là par route jusqu'à Kigali (556 km).

V. COMMENT ACCROITRE LA PRODUCTION
ET L'UTILISATION DU GAZ NATUREL DU LAC KIVU

Comme nous l'avons signalé au chapitre III, la totalité du gaz produit est actuellement vendue à la brasserie voisine où il remplace le combustible lourd. D'après les renseignements que nous avons pu recueillir sur place, cette production ne couvre que les deux tiers des besoins.

On trouvera ci-après une liste récente d'autres consommateurs considérés comme probables ⁽⁶⁾ :

Funda, théerie	420 000 m ³	par an à 4 500 Kcal
Gisenyi, usages domestiques et autres	145 000	" " " 4 500 "
Pyrèthre, séchage de capitules et usine d'extraction	3 600 000	" " " 4 500 "
	900 000	" " " 4 500 "
Ruhengeri, usages domestiques	70 000	" " " 4 500 "
Verrerie, four à chaux et fonderie	3 490 000	" " " 4 500 "

Avant d'envisager un accroissement de la production, il convient de décider s'il est judicieux de transformer l'usine pilote de Cap Rubona pour qu'elle puisse servir de modèle à des installations de dimensions normalisées.

A l'examen, il s'avère que cette transformation exigerait la mise au rebut d'une grande partie des équipements actuels; tandis que d'autres, par exemple le compresseur, devraient être dédoublés. Il est donc préférable d'abandonner purement et simplement l'idée de faire de l'usine pilote un prototype commercial.

Il semble que la seule façon logique de procéder serait de prendre deux séries de mesures, les unes à court et les autres à long terme. Au cours du premier stade, on procéderait aux réparations et aux améliorations les plus urgentes de l'usine pilote de Cap Rubona afin d'éviter un arrêt de l'exploitation et d'augmenter la production, de manière à satisfaire, pour le moins, les besoins de la brasserie.

Comme nous l'avons déjà dit au chapitre III, le Fonds européen de développement étudie à l'heure actuelle les moyens d'y parvenir.

Le programme à long terme engloberait toutes les mesures nécessaires à la création d'un prototype commercial approprié dont on pourrait s'inspirer pour construire des installations en nombre suffisant pour satisfaire la demande globale. On tiendrait compte en mettant au point ce prototype de l'expérience acquise au cours des six années d'exploitation de l'usine de Cap Rubona et de sa future transformation.

Les matières premières dont on part pour réaliser une synthèse devant se conformer à des normes beaucoup plus strictes qu'un combustible ordinaire, les problèmes que posent la conception et l'implantation de l'usine ou des usines de lavage du gaz devront faire rapidement l'objet d'une étude approfondie.

Quant à la quantité de gaz que devra produire chaque installation, il serait sage de ne pas forcer le rendement de l'usine pilote. La raison en est tout d'abord d'ordre technique; il est en second lieu nécessaire de mieux connaître les effets qu'une exploitation continue et plus intensive pourrait avoir sur la stratification des eaux profondes, c'est-à-dire d'en savoir plus sur la "cavitation" des couches contenant du gaz.

Si l'on tient compte de ces limitations et de la nécessité de développer le marché des engrais, il semble que la première mesure logique, après la création du prototype, serait de mettre en place une unité de production d'ammoniac-urée, du type préfabriqué et monté sur patins; sa modeste capacité de quelque 100 tonnes d'urée par jour nécessitant environ $20 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ normalisés de méthane par an. Il suffira sans doute de deux ou tout au plus de trois installations modèles de ce genre pour produire cette quantité.

Lors de la programmation des opérations, il serait bon de procéder à des essais de contrôle de la première, ou mieux encore des deux premières installations modèles, en utilisant comme combustible le gaz produit.

Si ces contrôles donnent des résultats satisfaisants, on pourra commander les autres installations nécessaires ainsi que l'usine d'ammoniac-urée. Le principal avantage que présente le type d'usine envisagé pour un projet de développement comme celui dont il est question ici tient à sa mobilité, et - ce qui est loin d'être négligeable - à la possibilité de la mettre en service dans des délais relativement courts. Il s'écoule en moyenne 13 mois entre la signature du contrat et la mise en exploitation de l'usine tout entière. Il ressort des calculs préliminaires que le coût de l'urée ainsi produite sera pratiquement le même que celui que nous avons indiqué au chapitre VI.

**VI. ASSISTANCE QUE L'ONUUDI POURRAIT OFFRIR POUR FACILITER
LA REALISATION DU PROGRAMME**

Conformément aux idées exposées au chapitre précédent, il semble que l'ONUUDI devrait accorder son aide au programme à long terme qui pourrait, pour plus de commodité, être scindé en deux phases :

- a) Une phase préparatoire consacrée à l'élaboration des données techniques et économiques nécessaires pour construire l'installation modèle de récupération et de lavage du gaz;
- b) Une phase d'exécution consacrée à la mise en place de cette installation sur la base des données recueillies au cours de la phase précédente. Cette deuxième phase devrait comporter une étude de préinvestissement pour une usine d'engrais, l'assistance nécessaire au développement du marché des engrais et l'élaboration d'un "calendrier" du projet. Il serait préférable d'attendre avant d'arrêter les détails de cette phase que les travaux préparatoires soient plus avancés.

PROJETS

La phase préparatoire devrait comprendre les différentes démarches ci-après :

- Passer en revue toutes les données bathymétriques disponibles et procéder à de nouvelles explorations afin de compléter la carte bathymétrique, particulièrement dans les zones qui semblent se prêter le mieux à l'implantation d'une usine d'engrais.
- Inspecter l'usine pilote de Cap Rubona et étudier tous les rapports et toutes les données dont on dispose tant en ce qui concerne cette usine que le programme de transformation à court terme du Fonds européen de développement.
- Inventorier les problèmes techniques de nature à exiger un complément de recherches que soulèvent encore les procédés de fabrication et les matériaux de construction et qu'il faudra résoudre avant d'aborder la mise au point de l'installation modèle.
- Elaborer un programme de recherches qui pourraient se révéler nécessaires et établir un devis détaillé des frais impliqués, en tenant compte du coût du matériel, de la main-d'oeuvre et du personnel d'encadrement et en indiquant sous des rubriques séparées les dépenses en devises et les dépenses en monnaie locale.
- Recommander le meilleur procédé de récupération et de lavage du gaz, compte tenu de toutes les propriétés que doit posséder le gaz pour permettre des opérations de synthèse.
- Formuler des recommandations de nature à faciliter le choix entre des installations situées sur la rive du lac et des installations flottantes.
- Indiquer les lieux d'implantation les plus favorables pour l'usine de récupération et de lavage du gaz, compte tenu, d'une part, des données bathymétriques existantes, et, d'autre part, de l'utilisation du gaz.

- Formuler des recommandations en ce qui concerne les dimensions à donner à l'installation modèle.
- Etablir un devis pour cette installation, en précisant, d'une part, les dépenses en devises étrangères et, d'autre part, les dépenses afférentes à la main-d'oeuvre locale, et aux services et matériels auxiliaires qu'il est possible de se procurer sur place.
- Evaluer le coût, par unité thermique, du gaz qui sera produit par l'usine modèle recommandée.
- Etablir un cahier des charges en vue de l'adjudication de la construction de l'usine modèle.
- Dresser un calendrier provisoire pour la mise en oeuvre du projet.

VII. BIBLIOGRAPHIE

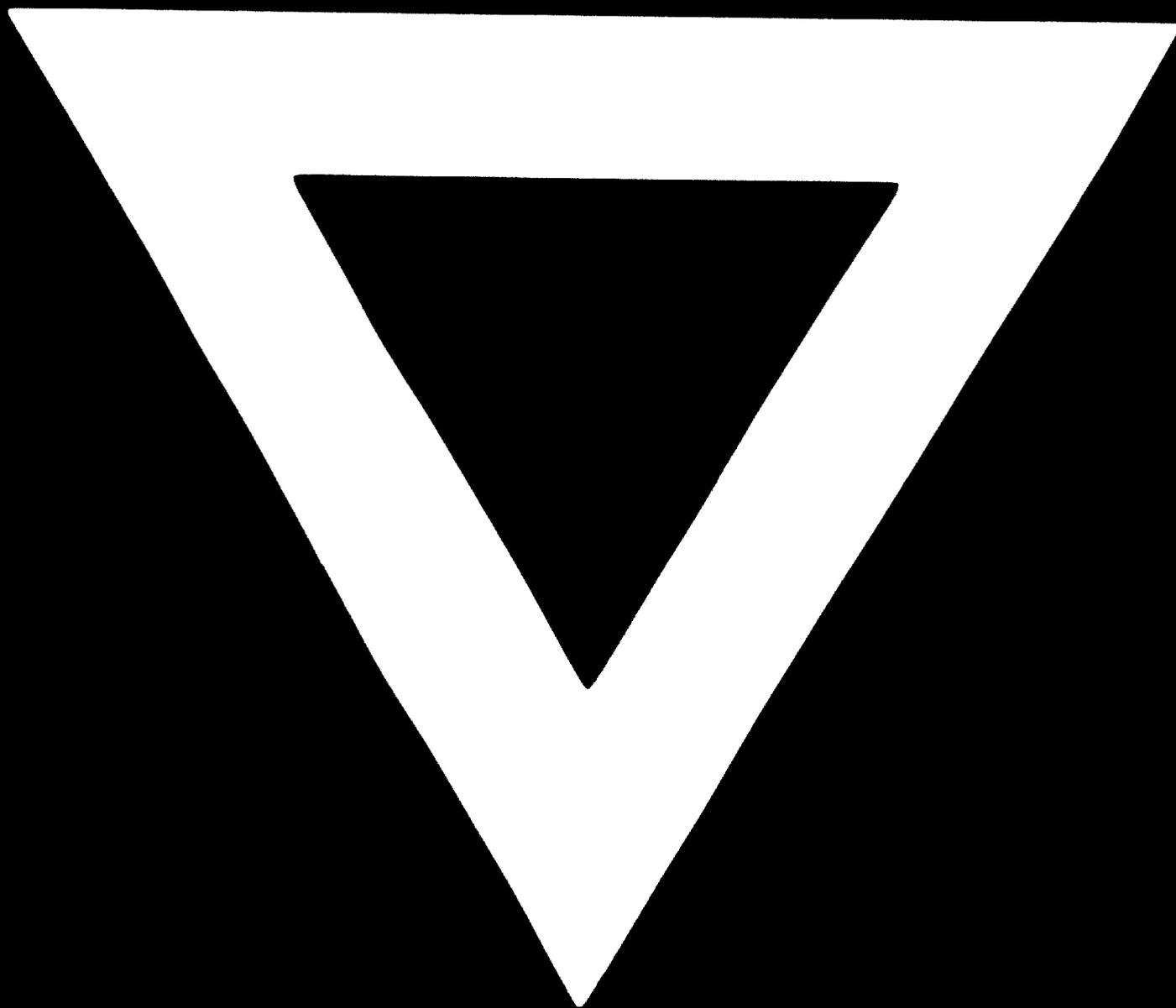
1. Note préliminaire sur les gaz découverts dans les eaux profondes du lac Kivu, J. Kufferath et D.M. Schmitz, 1954
- *2. Données pour la mise en valeur du gisement de méthane du lac Kivu, G. Bergniez, Académie royale des sciences d'outre-mer, 1960
3. Etudes préalables à la création d'une usine d'engrais au Rwanda, J. de Lavallée, poste RWA-11-C, rapport No. 17, annexe II, 1956
4. Etude préliminaire sur la mise en valeur du gisement de gaz méthane du lac Kivu, E. Laurel, Sofregaz, 1956
5. Banque mondiale et association internationale pour le développement rapport annuel 1956-1957
- *6. Etude sur l'usine d'extraction de gaz méthane à Gisenyi, V. Berenfeld, Regideso, 1967
- *7. Le gaz méthane du lac Kivu, Ministère du commerce, des mines et de l'industrie, République rwandaise, 1968
- *8. Etablissement d'une usine d'engrais au Rwanda, à partir du gaz du lac Kivu, J.-F. Wouters, Université libre de Bruxelles, 1968

* On trouvera au chapitre VIII (annexes) le texte in extenso des documents de référence marqué d'un astérisque.

VIII. ANNEXES

1. Carte du Rwanda et du Burundi
2. Carte du lac Kivu
3. Usine pilote du cap Rubona - graphique d'acheminement et liste des équipements, Union chimique belge, 1963
4. Renseignements relatifs au projet des services industriels spéciaux
No de référence : 68/323 (RWA-13)
5. Extrait de l'étude préliminaire sur la mise en valeur du gisement de gaz méthane du lac Kivu, E. Maurel Sofregaz, 1966
6. Note préliminaire sur les gaz découverts dans les eaux profondes du lac Kivu, J. Kufferath et D.M. Schmitz, 1954
7. Etude sur l'usine d'extraction de gaz méthane à Gisenyi,
V. Berenfeld, Regideso, 1967
8. Le gaz méthane du lac Kivu, Ministère du commerce, des mines et de l'industrie, République rwandaise, 1968
9. Etablissement d'une usine d'engrais au Rwanda, à partir du gaz du lac Kivu, J.-F. Wouters, Université libre de Bruxelles, 1968

G-265



83.11.14

AD.85.03

ILL 5.5

