



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50<sup>th</sup> 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](mailto:publications@unido.org) for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at [www.unido.org](http://www.unido.org)

07391

2074  
274  
4834

# EXPLOITATION DU GAZ DU LAC KIVU

SM/RWA/71/805

RWANDA.

Rapport technique :  
RESTAURATION DE LA STATION DE  
CAPTAGE DE GAZ DU CAP RUBONA,  
SECONDE PHASE

776

Etabli pour le Gouvernement rwandais par  
l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel,  
organisation chargée de l'exécution pour le compte du  
Programme des Nations Unies pour le développement



Organisation des Nations Unies pour le développement industriel

Programme des Nations Unies pour le développement

EXPLOITATION DU GAZ DU LAC KIVU

SM/RWA/71/805

RWANDA

Rapport technique: Restoration de la station de  
captage de gaz du Cap Rubona, seconde phase

Etabli pour le Gouvernement rwandais par  
l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel,  
organisation chargée de l'exécution pour le compte du  
Programme des Nations Unies pour le développement

D'après les travaux de E. Weyens, ingénieur-conseil

Organisation des Nations Unies pour le développement industriel

Vienne, 1976

Notes explicatives

Les sigles suivants ont été utilisés dans la présente publication:

SOCOMERWA Société de constructions métalliques du Rwanda

UCB Union chimique belge

---

Les appellations employées dans cette publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part du Secrétariat de l'Organisation des Nations Unies aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

La mention dans le texte de la raison sociale ou des produits d'une société n'implique aucune prise de position en leur faveur de la part de l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel (ONUDI).

---

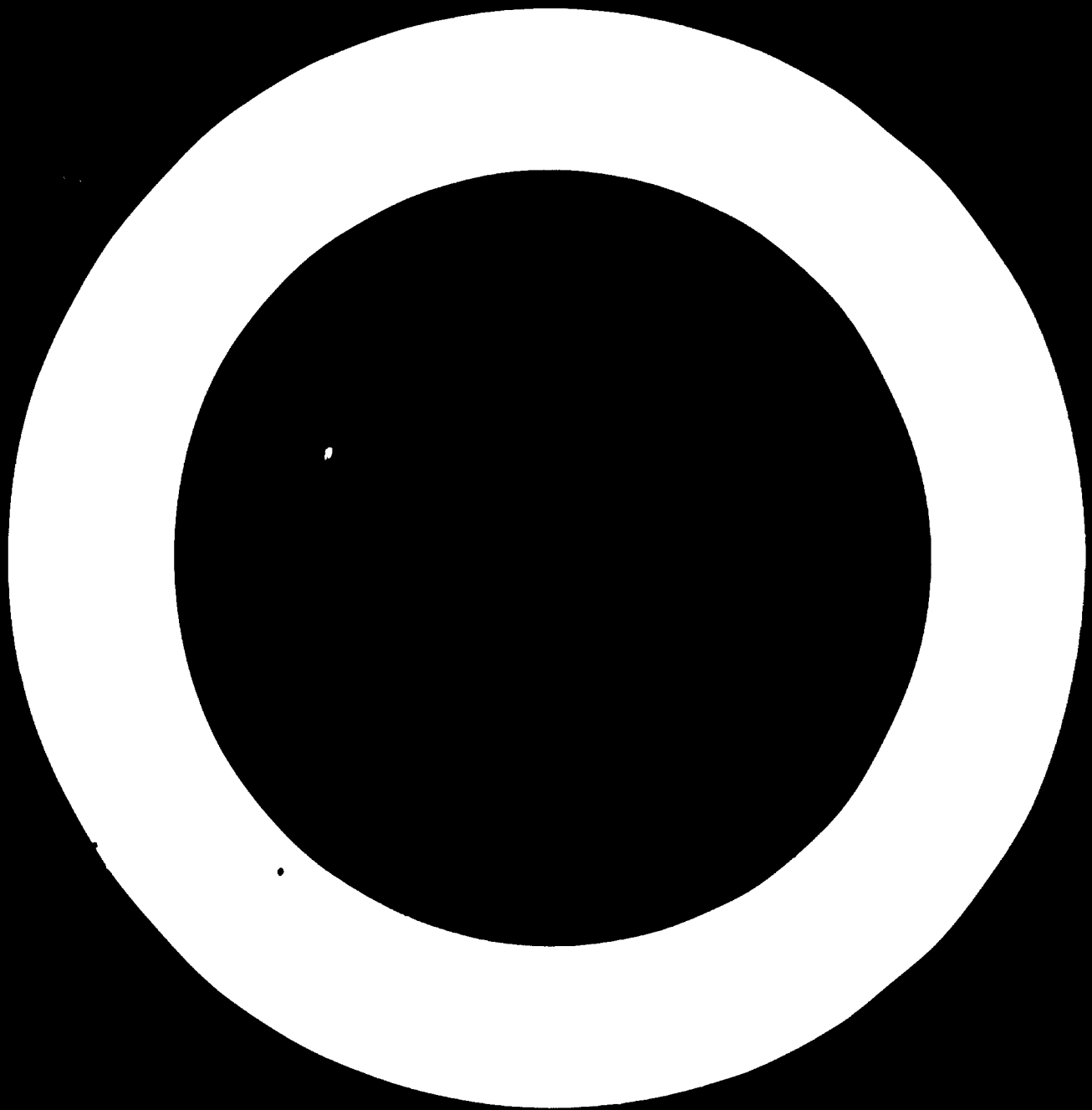
SOMMAIRE

TABLE DES MATIERES

	<u>Pages</u>
1. INTRODUCTION - SITUATION ACTUELLE.....	5
2. OBJET DE LA MISSION.....	8
2.1 GENERALITES.....	8
2.2 REMISE EN ETAT DE L'EQUIPEMENT DE LA SALLE DES MACHINES...	9
2.3 REPARATION DU PIPE-LINE DE TRANSPORT DU GAZ VERS LA BRASSERIE.....	15
2.4 FOURNITURE DES PIECES DE RECHANGE NECESSAIRES POUR UNE EXPLOITATION NORMALE DE DEUX ANS.....	16
2.5 SUPERVISION ET ECOLAGE DU PERSONNEL TECHNIQUE LOCAL.....	17
2.6 AMELIORATION DE L'EPURATION DU GAZ.....	19
2.7 RESUME DES TRAVAUX NECESSAIRES A L'EXECUTION DE LA DEUXIEME PHASE DE LA RESTAURATION DE LA STATION DE CAPTAGE DE GAZ..	21
2.8 PROPOSITION POUR L'UTILISATION DU GAZ DANS L'INDUSTRIE CHIMIQUE, PETROCHIMIQUE ET AUTRES.....	27
2.9 REVISION DE L'OFFRE SOCOMERWA.....	34
2.9.1 Construction des appareils chaudronnés.....	34
2.9.2 Montage.....	35
2.9.3 Conclusion avec tableau I et tableau II.....	35

Tableaux

I. Poids des principaux appareils chaudronnés, main-d'oeuvre estimee pour leur construction, surface à protéger.....	36
II. Comparaison offres SOCOMERWA et estimation UCB pour appareils chaudronnés.....	37



## 1. INTRODUCTION

### SITUATION ACTUELLE

Le présent document constitue le rapport d'une mission entreprise au Rwanda, dans le cadre du projet "Exploitation du gaz du Lac Kivu" (SM/RWA/71/805), pour lequel l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel (ONUDI) a été désignée comme agent d'exécution.

La station de captage de gaz est à l'arrêt depuis le 16 mars 1976 par suite des avaries survenues non seulement au moteur Diesel, mais également aux divers compresseurs. Les craintes émises par les ingénieurs d'U C B lors de leur visite de juin-juillet 1975 concernant la détérioration rapide des machines se sont donc, malheureusement, avérées exactes.

Lors de leur visite en 1974, MM. GODFRINE et GUERIN avaient vérifié toutes les machines et n'avaient quitté l'installation qu'après s'être assurés que toutes les parties mécaniques étaient en parfait état de fonctionnement et encore capables d'accomplir un service de longue durée.

Il est indéniable que l'état actuel des machines soit dû au manque d'entretien, de surveillance et de prévoyance dans l'approvisionnement des pièces de rechange (celles-ci sont pratiquement inexistantes). En conséquence, nos ingénieurs estiment que tous les compresseurs doivent être renouvelés dans le plus bref délai.

La remise en état du moteur Diesel pose des problèmes car la fabrication du type installé à la Station a été abandonnée depuis plusieurs années, de sorte qu'actuellement l'acquisition éventuelle de pièces de rechange s'avérera très difficile. Toutefois les ingénieurs d'U C B ont offert au P N U D d'effectuer des recherches dans le but de vous permettre d'acheter en Europe les pièces qui sont à renouveler.

L'arrêt du moteur Diesel a été provoqué par la mise hors d'usage du palier situé du côté du volant et de la pompe d'injection.

L'utilisation de courroies trop courtes et la suppression des tendeurs de courroies ne sont pas étrangères à la destruction de ce palier. Il est inutile de rappeler combien de fois les experts ont attiré l'attention des responsables sur la tension anormalement élevée créée par ces courroies trop courtes.

Devant la perspective d'un arrêt prolongé du moteur Diesel et tenant compte d'une grave pénurie en produits pétroliers du Rwanda, le P N U D a déjà entrepris l'électrification de la salle des machines. Cette électrification consiste en l'installation d'un transformateur de récupération de 150 kVA et l'accouplement direct des compresseurs à des moteurs électriques. Ces moteurs ont été achetés il y a quelques années par la Regideso alors que le transformateur existant était trop faible pour les alimenter.

Dans l'état actuel des choses, l'entraînement direct des compresseurs par des moteurs est sans doute le meilleur moyen pour remettre la Station de captage de gaz rapidement en service. Toutefois il est de notre devoir d'attirer votre attention sur le fait que cette solution présente des dangers qui ne doivent pas être sous-estimés.

Les compresseurs sont des appareils volumétriques et l'ajustage de leur débit de gaz produit se fait par la variation de leur vitesse de rotation.

L'entraînement direct tel que prévu par le P N U D ne permet pas de varier cette vitesse de rotation et la vitesse des moteurs électriques est trop élevée pour les débits que doivent assurer les compresseurs.

Le tableau ci-dessous donne la comparaison entre les débits normaux de gaz et les débits réels des compresseurs à la vitesse de rotation des moteurs

	Débits des compresseurs	Débits normaux de gaz
Premier compresseur (compression gaz brut)	1 840 m <sup>3</sup> /h	720 m <sup>3</sup> /h
Second compresseur (compression gaz semi lavé)	700 m <sup>3</sup> /h	450 m <sup>3</sup> /h
Compresseur final (compression gaz épuré)	600 m <sup>3</sup> /h	250 m <sup>3</sup> /h



Ainsi le premier et le dernier compresseur ont des débits valant approximativement 2,5 fois les débits de gaz.

Pour chaque compresseur l'excédent de débit doit passer par un by-pass automatique installé entre l'aspiration et le refoulement.

Les by-pass existants ne sont pas calculés pour les divers excédents précités de sorte qu'il existe un risque de provoquer une dépression dans les tuyauteries d'aspiration des compresseurs. Cette dépression peut provoquer des entrées d'air dans les tuyauteries et donner lieu ainsi à un mélange tonant.

Le fonctionnement correct des compresseurs entraînés par des moteurs électriques exige un équipement permettant de régler la vitesse des moteurs électriques en fonction de la quantité de gaz produit.

## 2. OBJET DE LA MISSION

### 2.1 GENERALITES

L'objet de la mission consistait en l'évaluation de l'étendue de l'assistance technique qui sera nécessaire à l'ONUDI pour la réalisation de la seconde phase de la restauration de la Station pilote de captage de gaz.

Cette seconde phase comprendrait :

- La remise en état de l'équipement de la salle des machines.
- La réparation du pipe-line de transfert du gaz vers la brasserie.
- La fourniture des pièces de rechange nécessaires pour une exploitation normale pendant une durée de deux ans.
- La supervision du fonctionnement de l'installation pendant un an et l'écolage du personnel technique local tant pour l'exploitation que pour l'entretien.
- L'amélioration de l'épuration du gaz.
- Diverses propositions pour l'utilisation du gaz dans l'industrie chimique, pétrochimique et autres.
- La révision de l'offre de SOCOMERWA pour la fourniture du matériel de chaudronnerie faisant partie de la première phase de la restauration de la Station de captage de gaz.

## 2.2 REMISE EN ETAT DE L'EQUIPEMENT DE LA SALLE DES MACHINE.

L'état de l'équipement de la salle des machines est tel qu'il est urgent de remplacer toutes les machines sauf le moteur Diesel qui doit néanmoins subir une révision complète.

Diverses solutions peuvent être envisagées pour la restauration de cette salle de machines. Toutefois nous avons retenu la solution qui consiste à remplacer l'équipement actuellement en mauvais état par du matériel identique et de récupérer et réutiliser ainsi les bâtis, tuyauteries, vannes, etc.

La restauration de la salle des machines comprendra :

- l'électrification de la station.
- le renouvellement des compresseurs et de leurs accessoires.
- la révision et la remise en état du moteur Diesel.
- le remplacement des sécheurs de gaz.

### 2.2.1 Electrification de la Station

Les avantages de l'électrification de la Station ont été exposés par Mr. GODFRINE dans son rapport de décembre 1975.

Cette électrification permet d'augmenter la production effective de gaz d'environ 20 %. En effet le moteur Diesel consomme environ 20 % de la production de gaz.

Le P N U D a déjà commencé les travaux d'électrification pour pallier à la mise hors service du moteur Diesel.

Un transformateur d'environ 150 kVA a été récupéré au Rwanda.

Les compresseurs seront entraînés par les moteurs électriques achetés jadis par la Regideso. Ces moteurs sont pourvus chacun d'un démarreur étoile-triangle.

Les moteurs électriques seront installés au-dessus des compresseurs et fixés sur un support métallique qui sera soudé sur la plaque d'assise de ces compresseurs. L'entraînement se fera par poulies et courroies trapézoïdales.

Comme expliqué au poste 1, il est indispensable que la vitesse de rotation des compresseurs puisse être réglée en fonction du débit réel de gaz.

L'installation de variateurs de vitesse n'est plus possible avec la conception adoptée par le P.N.U.D. La seule possibilité de régler cette vitesse est l'installation d'une modulation de fréquence commune aux trois moteurs électriques ou de modulations individuelles.

Toutefois cette solution doit d'abord être examinée par des spécialistes de cette discipline pour que l'étendue et la précision de la variation de vitesse de rotation conviennent aux débits de gaz.

Dans le cas où cette solution s'avèrerait techniquement impossible, il faudra revenir à la solution de l'entraînement de tous les compresseurs par un seul moteur électrique qui entraînera l'arbre central de transmission.

Dans ce cas la variation de vitesse peut être obtenue soit par l'installation d'un moteur électrique à courant continu soit par l'installation d'un moteur à courant alternatif équipé d'un variateur de vitesse de type hydraulique.

L'électrification de la salle des machines n'est valable que pour autant que la station hydroélectrique de Gisenyi soit capable de fournir, d'une façon continue, les 150 kWh absorbés par les moteurs électriques.

D'après Mr. HONORE, assistant technique belge de la Regideso, la Station hydroélectrique comprend deux turboalternateurs dont un de réserve et chacun capable de fournir encore 450 kWh des 600 kWh initiaux.

La fourniture des 150 kWh supplémentaires pour la Station de gaz nécessitera la mise en service du turboalternateur de réserve étant donné que les autres consommations en électricité équivalent à peu près à 400 kWh.

Il s'en suit qu'en cas de réparation ou d'entretien d'une des deux turbines la Station hydroélectrique sera dans l'obligation de couper le courant vers la Station de captage de gaz. En outre, toujours d'après Mr. HONORE, l'efficacité de production des turbines ne dépasse pas 60 % de sorte que la Station de captage de gaz sera privée de courant pendant 40 % du temps.

Il est donc nécessaire de remettre le moteur Diesel en ordre de marche en vue d'assurer l'entraînement des compresseurs dans le cas d'une déficience de la Station hydroélectrique. De même, toutes les dispositions doivent être prises pour que l'électrification de la Station soit exécutée de manière telle que le passage de l'entraînement par moteur électrique à l'entraînement par moteur Diesel se fasse dans un minimum de temps et avec le maximum de sécurité.

### 2.2.2 Renouvellement des compresseurs et de leurs accessoires

La salle des machines abrite trois compresseurs dont deux du type Roots qui sont utilisés pour la compression des gaz avant les lavages à l'eau, et un est du type à palettes, lequel assure le transport du gaz vers la brasserie.

Alors que les deux compresseurs Roots étaient encore en parfait état de fonctionnement après leur révision en 1974 et qu'il était permis d'espérer qu'ils

assureraient encore leur service pendant de longues années, leur état actuel est tel que leur remplacement par de nouvelles machines est devenu indispensable.

Le compresseur à palettes qui date de 1972 est hors service et remplacé par l'ancien compresseur.

Par leur principe même, ces compresseurs à palettes s'usent plus vite que les compresseurs du type Roots. Toutefois, la mise hors service du compresseur actuel, qui est relativement neuf, n'est pas due à une usure normale. Nous n'avons pas examiné l'intérieur mais il est certain que l'usure est due à un manque de lubrification ou à l'emploi d'une huile souillée ou non appropriée à cette machine.

Il est indiqué de remplacer ce compresseur à palettes par un compresseur qui ne nécessite pas de lubrification tel qu'un compresseur à vis par exemple.

On pourrait ainsi éviter sa mise hors d'usage rapide par manque de surveillance et de compétence comme cela fut monnaie courante jusqu'à présent dans l'exploitation de la Station de captage de gaz.

Tous les compresseurs sont du type volumétrique, leur débit est donc proportionnel à leur vitesse de rotation. Si ce débit est inférieur à la quantité de gaz à traiter, l'excès de gaz est mis automatiquement à la cheminée par des soupapes de sécurité. Si, au contraire, le débit des compresseurs est supérieur à la quantité de gaz à traiter les conduites d'aspiration seront mises sous dépression d'où une entrée d'air possible qui doit absolument être évitée afin de ne pas former de mélanges tonants.

Pour cette raison une soupape de by-pass installée entre l'aspiration et le refoulement de chaque machine remet automatiquement l'excédent de débit du compresseur vers son aspiration et évite ainsi toute dépression dans les tuyauteries.

Ces soupapes de by-pass sont prévues pour un excès de débit d'environ 20 à 30 % du débit des compresseurs. Elles sont actuellement en très mauvais état et leur remplacement est indiqué. Les soupapes de sécurité

pour la surpression doivent également être renouvelées.

Toutes les soupapes actuellement en service peuvent être soumises à une révision et pourraient alors constituer des pièces de rechange après le renouvellement de l'équipement.

### 2.2.3 Révision et remise en état du moteur Diesel

La révision du moteur Diesel a fait l'objet d'un rapport de Mr. CAERS, ingénieur au P N U D , après sa visite de la Station (juillet 1973).

Depuis cette visite des faits nouveaux sont survenus :

- la mise hors service du système de refroidissement et du palier côté volant;
- certains éléments de la pompe d'injection sont totalement hors d'usage.

Dans son rapport de juillet 1973 Mr. CAERS prévoyait les travaux suivants pour la révision du moteur Diesel :

- le remplacement ou la remise en état de la pompe d'injection.
- la rectification des soupapes et de leurs sièges.
- la vérification du circuit de lubrification.
- l'amélioration du système de refroidissement.

En ce qui concerne le refroidissement du Diesel plusieurs solutions ont été avancées, d'une part, par Mr. GODFRINE (voir son rapport de décembre 1975) et, d'autre part, par Mr. CAERS.

Toutefois en tenant compte du fait que le moteur Diesel ne servira que pendant la période d'interruption de la fourniture du courant électrique, nous estimons que la seule solution valable est le remplacement du radiateur.

En ce qui concerne la remise en état du moteur Diesel les ingénieurs U C B ont présenté leur service pour acquérir les pièces en Europe. D'après les dernières nouvelles ces pièces sont disponibles en Belgique et le P N U D a demandé de les commander en leur nom et de les faire envoyer par avion à Kigali (Rwanda).

#### 2.2.4 Remplacement des sécheurs de gaz

Chaque compresseur est équipé d'un séparateur de gouttes placé sur la tuyauterie d'aspiration.

Ces appareils installés en 1962 provenaient déjà d'une autre installation et leur état actuel n'est plus très bon.

Nous estimons qu'il faudrait remplacer ces appareils qui ne sont pas coûteux puisqu'ils peuvent être construits en acier doux. Toutefois il est préférable que les parties en contact avec le gaz soient protégées par une émulsion de goudron ou une résine épikote.

Nous avons également vérifié les refroidisseurs des gaz qui passent par les conduites de by-pass installées entre le refoulement et l'aspiration de chaque compresseur. Ces appareils sont en bon état et ne nécessitent aucune révision.



### 2.3 REPARATION DU PIPE-LINE DE TRANSPORT DU GAZ VERS LA BRASSERIE

Nous reprenons intégralement ci-dessous la proposition que Mr. GODFRINE a faite dans son rapport de décembre 1975.

"Le pipe-line en plastique, placé par U C B à la mise en service de la Station, a été remplacé, par la suite, par une conduite en acier, enterrée sans protection extérieure".

Les pertes de gaz, mesurées en 1974, restaient respectables; actuellement, elles représentent 25 à 30 % de la production.

Les constatations faites dans le voisinage immédiat de la Station montrent que les conduites aériennes ont résisté, tandis que les parties enterrées sont fortement corrodées.

Le réfrigérant à ruissellement a dû être mis hors service, mais le séparateur est intact. Il semble donc que la corrosion n'est pas provoquée par l'humidité du gaz mais par l'humidité extérieure.

Le pipe-line, long de 3 km, traverse des terrains de nature variée allant du flanc de coteau assez sec à la terre humide des bananeraies. Il est possible que les fuites soient limitées à la portion du pipe-line traversant les terres humides, mais cela devrait être vérifié.

Si il est décidé de procéder au renouvellement partiel ou total du pipe-line, nous proposons de l'installer au-dessus du sol, sur potelets de 500 mm de hauteur; le pipe-line reste ainsi toujours accessible.

Cette solution nous semble la plus appropriée. Toutefois, les matériaux de construction de ces potelets devront être déterminés, en temps opportun, en fonction des matériaux qui seront disponibles sur place à ce moment là.

Nous estimons qu'il y a lieu de prévoir le remplacement des 3 km de tuyauteries de 3" en acier doux. Les parties en bon état pourraient ainsi servir ultérieurement de pièces de rechange.

**2.4 FOURNITURE DES PIÈCES DE RECHANGE NECESSAIRES POUR UNE  
EXPLOITATION NORMALE DE DEUX ANS**

Il n'est pas aisé d'établir dès maintenant la liste des pièces de rechange pour une exploitation normale de deux ans. En effet lors de l'achat des nouvelles machines et autre équipement, les constructeurs peuvent fournir une liste des pièces de rechange qu'ils jugent nécessaires.

D'autre part la liste des pièces de rechange du moteur Diesel ne peut être constituée qu'après l'examen approfondi qui sera effectué par Mr. CAERS.

Nous proposons donc que la liste des pièces de rechange pour le matériel tel que brides, joints, courroies, etc. soit établie par le technicien compétent qui assurera la supervision de la Station de captage de gaz après sa restauration totale.

Toutefois lors de l'établissement du montant d'investissement nécessaire à la deuxième phase de cette restauration, un montant devra être prévu pour les pièces de rechange.

## 2.5 SUPERVISION ET ECOLAGE DU PERSONNEL TECHNIQUE LOCAL

Les causes de l'état déplorable dans lequel se trouve actuellement la Station de captage sont multiples.

Il ne faut pas perdre de vue que l'usine a été construite en 1962-1963 à titre expérimental. Sa durée de vie était prévue pour cinq ans, au cours desquels des recherches et des études complémentaires devaient être effectuées sur le comportement du gisement de gaz et sur l'amélioration des procédés de captage et d'épuration.

En fait, l'usine a actuellement 13 ans d'âge et elle a été utilisée uniquement à des fins d'exploitation. Aucune recherche, mise au point ou étude n'a été effectuée depuis sa mise en service.

L'état de vétusté des appareils de chaudronnerie tels que le séparateur gaz-eau et les colonnes de lavage provient du fait que ces appareils n'ont pas été calculés pour une durée de service aussi longue.

Par contre la détérioration des machines est due en grande partie à un manque de compétence, de surveillance et d'entretien systématique.

Si, après sa restauration complète aucune mesure n'est prise quant à la gestion de la Station, il est à craindre que la situation actuelle se reproduise dans peu de temps.

Il est indispensable que la Direction de la Station soit assurée par un ingénieur qualifié, de formation adéquate et pouvant disposer d'un certain budget.

Cet ingénieur doit posséder des connaissances dans le domaine de la mécanique, de l'électricité et si possible de la plongée sous-marine. Certes, il ne sera pas aisé de trouver quelqu'un de compétent dans ces trois disciplines mais les formations mécaniques et électriques sont prépondérantes.

L'ingénieur à qui incombera la supervision de la Station devra obligatoirement être présent lors du montage des appareils et également lors de la remise en service de la Station de captage après sa restauration.

La supervision de la Station comprend également l'écolage du personnel indigène aussi bien au point de vue de la conduite de l'installation qu'au point de vue de son entretien.

La mise en ordre du magasin et l'établissement de la liste des pièces de rechange lui incombe également.

Il est bien évident que cet ingénieur devra avoir pleins pouvoirs dans l'exécution de sa mission et que ses décisions devront être acceptées et exécutées dans les délais qu'il aura demandés.

## 2.6 AMELIORATION DE L'EPURATION DU GAZ

Le gaz brut contient 73,5 % de CO<sub>2</sub> et 24,9 % de méthane. En raison de sa haute teneur en CO<sub>2</sub> ce gaz ne brûle pas et son utilisation nécessite l'élimination d'une grande partie de ce CO<sub>2</sub>.

Le procédé U C B de purification consiste en deux lavages à l'eau à courant parallèle sous une pression relativement basse (0,8 kg/cm<sup>2</sup>).

Cette purification permet d'obtenir un gaz contenant 70 % de méthane et 16 % de CO<sub>2</sub>; le pouvoir calorifique de ce gaz est de 6 000 kcal/Nm<sup>3</sup>. Epuré, il peut servir tel quel comme combustible. Par contre, dans le cas où il serait envisagé de l'utiliser comme matière première pour des fabrications de produits chimiques, il y aurait lieu de lui faire subir une purification plus poussée afin d'éliminer la quasi totalité du CO<sub>2</sub>. Cette purification consisterait en un lavage à l'eau à contre-courant sous une pression d'environ 15 kg/cm<sup>2</sup>.

Toutefois ce lavage à haute pression exige, d'une part, des investissements importants et, d'autre part, consomme beaucoup d'énergie.

A titre d'exemple le tableau ci-dessous donne une comparaison des consommations électriques pour les diverses solutions de lavage.

	Teneur en CH <sub>4</sub> du gaz épuré en %	Pouvoir calorifique du gaz épuré en kcal/Nm <sup>3</sup>	Consommations électriques en kWh/Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> 100 %
1. Deux lavages type U C B	70	6 000	0,417
2. Un lavage type UCB suivi d'un lavage à haute pression	90	7 700	0,69
3. Un seul lavage à haute pression	92	7 900	1,04

Le système de deux lavages de type U C B permet donc de produire avec une faible consommation de kWh un gaz ayant un pouvoir calorifique suffisant pour son utilisation comme combustible.

Il est évident que le procédé U C B est encore sujet à des améliorations. D'ailleurs le but initial de l'installation de la Station de captage de gaz était de poursuivre les recherches dans le domaine de l'épuration. Il y a également lieu de noter que la visite de deux ingénieurs d'U C B en 1975 (visite qui ne dura que trois semaines) a permis d'augmenter considérablement l'efficacité de cette épuration puisque la teneur en CO<sub>2</sub> du gaz épuré a été diminuée de 24 à 16 %.

Nous estimons que la présence d'un ingénieur qualifié qui continuera les essais entrepris par U C B permettra certainement d'améliorer davantage l'épuration du gaz.

Quant au lavage à haute pression, cette technique étant bien connue, son application ne demandera aucune recherche supplémentaire.

2.7 RESUME DES TRAVAUX NECESSAIRES A L'EXECUTION DE LA DEUXIEME PHASE DE LA RESTAURATION DE LA STATION DE CAPTAGE DE GAZ

2.7.1 Electrification

2.7.1.1 Transformateur 150 kVA :

Appareil récupéré au Rwanda. Le P N U D s'occupe de son installation.

2.7.1.2 Accessoires et raccordement du transformateur (câbles - disjoncteurs - etc.) :

Equipement récupéré au Rwanda. Le P N U D s'occupe de son installation.

2.7.1.3 Moteurs électriques :

Trois solutions possibles sont à examiner :

- Première solution

- . Utilisation des moteurs électriques disponibles avec leurs accessoires :

Moteurs actuellement installés par le P N U D.

- . Equipement de modulation de fréquence avec accessoires :

En vérifier la possibilité d'utilisation.

- Deuxième solution

- . Moteur unique à courant continu avec accessoires (redresseur courant alternatif/courant continu, et autres accessoires) :

A étudier.

- Troisième solution

- . Moteur unique à courant alternatif avec réducteur de vitesse mécanique :

A étudier.

## 2.7.2 Renouvellement des compresseurs et leurs accessoires

### 2.7.2.1 Compresseurs

#### - Compresseur du gaz brut

##### . Caractéristiques

Type : RP 150 (type Roots)  
Débit : max. 2 000 m<sup>3</sup>/h  
Pression refoulement : 8 000 mm colonne  
d'eau  
Nombre de tours au  
débit maximum : 1 450 t/min.  
Fournisseur : SULZER S.A.  
WINTERTHUR  
SUISSE

#### - Compresseur du gaz semi-lavé

##### . Caractéristiques

Type : RP 110 (type Roots)  
Débit : max. 800 m<sup>3</sup>/h  
Pression refoulement : 8 000 mm colonne  
d'eau  
Nombre de tours au  
débit maximum : 1 450 t/min.  
Fournisseur : SULZER S.A.  
WINTERTHUR  
SUISSE

#### - Compresseur du gaz épuré

(transport de gaz vers la brasserie)

##### . Caractéristiques

Type : compresseur à vis



Débit :  $\pm 500 \text{ m}^3/\text{h}$   
Pression : 4 atu  
Nombre de tours : dépend du constructeur  
Fournisseur : par exemple :  
GUTEHOFFNUNGSHUTTE  
STERKRADE  
R.F.A.

#### 2.7.2.2 Accessoires

- Soupape de by-pass compresseur de gaz brut

. Constructeur : SULZER S.A.  
WINTERTHUR  
SUISSE

. Plan Sulzer n° 65-77-459

- Soupape de by-pass compresseur du gaz semi-lavé

. Idem ci-dessus.

- Soupape de by-pass compresseur du gaz épuré

. Soupape à spécifier par le constructeur du compresseur à vis.

- Soupape de sûreté pour surpression sur aspiration des compresseurs

. Ces soupapes sont identiques pour les trois compresseurs.

Constructeur : COGEGAZ  
LIEGE  
BELGIQUE

Type : D 42/131 suivant plan 1363

2.7.3 Révision et remise en état du moteur Diesel

2.7.3.1 Remplacement du radiateur :

A déterminer avec constructeur DEUTZ.

2.7.3.2 Remise en état du palier :

U C B fournira la pièce nécessaire et le P N U D l'installera.

2.7.3.3 Remise en état de la pompe d'injection :

Idem.

2.7.3.4 Rectification des soupapes et de leur siège :

Le P N U D s'en chargera.

2.7.3.5 Vérification du circuit de lubrification :

Idem.

2.7.3.6 Révision des autres pièces :

Idem.

## 2.7.4 Remplacement des sécheurs de gaz

Les dimensions ci-dessous de ces sécheurs ne sont données qu'à titre indicatif. Leurs dimensions exactes seront déterminées au moment de la réalisation de la deuxième phase de la restauration de la Station de captage de gaz.

### 2.7.4.1 Sécheur gaz brut

- Type : cyclone
- Matériau : acier doux protégé à l'intérieur
- Diamètre intérieur : 600 mm
- Hauteur totale : 2 400 mm

### 2.7.4.2 Sécheur gaz semi-lavé

- Type : cyclone
- Matériau : acier doux protégé à l'intérieur
- Diamètre intérieur : 400 mm
- Hauteur totale : 1 600 mm

### 2.7.4.3 Sécheur gaz épuré

- Type : cyclone
- Matériau : acier doux protégé à l'intérieur
- Diamètre intérieur : 500 mm
- Hauteur totale : 1 200 mm

**2.7.5 Réparation du pipe-line de transport de gaz vers la brasserie**

**2.7.5.1 Remplacement de la tuyauterie actuelle**

Commander 3 000 m de tuyauterie  
Diamètre intérieur : 80 mm.

**2.7.5.2 Installation de potelets pour soutenir la tuyauterie**

Le type de ces potelets sera décidé au moment de l'exécution en fonction des matériaux disponibles sur place à ce moment là.

**2.7.6 Fourniture pièces de rechange**

Les listes des pièces à fournir seront établies :

2.7.6.1 lors de l'achat de l'équipement pour la deuxième phase de la restauration.

2.7.6.2 par Mr. CAERS lors de la révision du moteur Diesel.

2.7.6.3 par l'ingénieur préposé à la surveillance de la Station de captage.

## 2.8 PROPOSITION POUR L'UTILISATION DU GAZ DANS L'INDUSTRIE CHIMIQUE, PETROCHIMIQUE ET AUTRES

### 2.8.1 Brasserie Bralirwa

En 1975 la production de la brasserie Bralirwa à Gisenyi s'éleva à 270 000 hl de bière. Pour cette période la consommation de fuel fut de 1 250 000 l. Cette quantité de fuel correspond à 1 812 500 Nm<sup>3</sup> de gaz ayant un pouvoir calorifique de 6 000 kcal/Nm<sup>3</sup>.

La station de captage du cap Rubona permet de produire 5 000 m<sup>3</sup>/j et même 6 000 m<sup>3</sup>/j à condition que les compresseurs soient entraînés par des moteurs électriques. Exprimée en Nm<sup>3</sup> cette production s'élève respectivement à 3 857 et 4 629 Nm<sup>3</sup>/j alors que la consommation de la brasserie est de 5 438 Nm<sup>3</sup>/j. Aussi la capacité de production de la Station de captage de gaz est insuffisante pour couvrir toute la consommation en combustible de la brasserie. En outre la consommation de celle-ci est caractérisée par de fortes pointes et la capacité de stockage dont elle dispose est plutôt faible (250 m<sup>3</sup>). Ces deux facteurs ont comme conséquence qu'un maximum de 60 % de la production actuelle du gaz peut être utilisée à la brasserie, les 40 % restants étant rejetés à l'atmosphère.

En vue d'assurer une meilleure efficacité de la productivité de la Station de captage il y aurait lieu d'y installer un stockage de capacité suffisante permettant d'absorber les pointes de consommation de la brasserie. De ce fait la consommation de combustible de la brasserie serait assurée à raison de 80 à 85 %.

Avant de projeter une nouvelle utilisation du gaz qui nécessiterait une nouvelle installation de captage, les premiers aménagements à apporter à la Station actuelle doivent avoir comme but d'augmenter sa production de telle façon que toute la consommation en combustible de la brasserie soit assurée sous forme de gaz.

L'investissement nécessaire à ces aménagements est relativement minime. En effet un seul tuyau de captage supplémentaire (tuyau en caoutchouc renforcé) permet d'augmenter la production d'environ 80 %. Les compresseurs et les appareils de l'épuration des gaz actuellement en service permettent d'absorber une telle augmentation sans grande modification.

Ces aménagements sont d'autant plus indiqués que l'utilisation du gaz est assurée sans devoir trouver ou créer un nouvel utilisateur.

### 2.8.2 Bouteillerie

Deux brasseries sont implantées dans la région du lac Kivu notamment à Bukavu (Zaire) et à Gisenyi (Rwanda). Une troisième brasserie est située non loin du lac à Busumbura (Burundi).

La capacité de production annuelle de ces trois brasseries dépasse 1 000 000 hl de bière, ce qui représente 135 millions de bouteilles.

La réutilisation des bouteilles se situe entre 95 et 97 % ce qui correspond à une consommation annuelle de 4 à 6,5 millions de bouteilles. En tenant compte d'un accroissement de capacité des brasseries, ce qui exige l'acquisition de nouvelles bouteilles, la consommation réelle doit se situer actuellement entre 8 et 10 millions par an.

Pour assurer la production de cette quantité il faut environ 4 000 t de verre. Etant donné qu'une tonne de verre nécessite 500 Nm<sup>3</sup> de gaz ayant un pouvoir calorifique de ± 6 000 kcal, la consommation de gaz de qualité identique à celui produit au cap Rubona s'élève à 2 000 000 Nm<sup>3</sup>/an ou 250 Nm<sup>3</sup>/h.

Dès lors une unité de captage de gaz semblable à

celle qui existe au cap Rubona, permet de fournir en combustible une bouteille ayant une capacité de production annuelle d'environ 10 millions de bouteilles.

Le site le plus indiqué pour l'implantation de cette bouteille serait les rives du lac Kivu non seulement pour la facilité de son approvisionnement en gaz mais également pour la facilité de son approvisionnement en matières premières et de l'expédition des produits finis.

Toutefois la réalisation de cette usine nécessite un accord entre les trois pays concernés car une bouteille n'est pas rentable si sa production ne sert qu'à alimenter une seule des trois brasseries. En outre il est à noter que le Zaïre possède une bouteille à Kinshasa mais le transport entre Kinshasa et Bukavu est très onéreux étant donné la distance et les moyens de transport existants.

Au cours de l'entretien que nous avons eu à Kigali avec Mr. F. ROBERT, chargé d'affaires de Suisse, nous avons appris que ce pays examine la possibilité d'offrir une aide financière au Rwanda pour la construction d'une bouteille. Ni la capacité de cette usine, ni le montant de l'aide ne nous ont été communiqués.

### 2.8.3 Cimenterie

Avec l'aide de la République Populaire de Chine, le Rwanda projette de construire une cimenterie à Cyangugu. La capacité de celle-ci serait de l'ordre de 30 000 t/an.

Le combustible envisagé serait un mélange de tourbe et de fuel. Etant donné le pouvoir calorifique peu élevé de la tourbe, il y aurait avantage à utiliser le gaz méthane.

Cyangugu est situé dans la partie extrême sud du lac Kivu et donc relativement éloigné des endroits favorables à l'extraction du gaz. Par contre ce site est plus proche des carrières de calcaire.

En cas d'alimentation en gaz méthane, il faudrait prévoir un pipe-line d'environ 60 km pour raccorder le site de captage du gaz à la cimenterie.

Pour une production de ciment de 30 000 t/an la consommation de gaz méthane ayant un pouvoir calorifique de 6 000 kcal/Nm<sup>3</sup> s'élèverait à 10 millions de Nm<sup>3</sup>/an. Dans le cas d'utilisation d'un gaz méthane plus pur qui aurait un pouvoir calorifique de 7 700 kcal/Nm<sup>3</sup> la consommation s'élèverait à 7,8 millions de Nm<sup>3</sup>/an.

Etant donné la distance qui sépare le site de captage du lieu d'utilisation du gaz, une étude économique devrait être entreprise dans le but de déterminer la solution la plus avantageuse.

Comparée à la Station actuelle de captage de gaz du cap Rubona, la capacité de cette nouvelle Station serait environ 6 fois plus grande. Nous estimons que pour cette capacité l'extraction du gaz à partir de la rive demandera un investissement moins élevé que pour un captage à partir d'une plate-forme flottant sur le lac (off-shore).

Pour assurer la production de gaz nécessaire il faudrait prévoir trois tuyaux de captage en caoutchouc renforcé, ayant chacun un diamètre intérieur de 500 mm. La longueur de chaque tuyau dépend du site mais ne dépassera pas 1 500 m.

Nous estimons que l'utilisation du gaz méthane comme combustible est préférable car cette solution permettra de rester autonome au Rwanda et lui évitera toute importation de fuel dont le prix ne cesse de croître et nécessite d'importantes sorties de devises.



#### 2.8.4 Usine d'engrais azotés

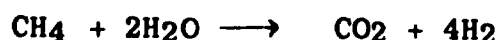
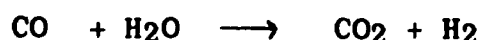
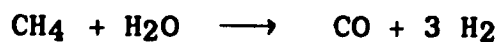
Au moins 90 % de la population du Rwanda vit de l'agriculture. Malheureusement les terres arables sont limitées en raison du sol montagneux et, à l'heure actuelle, chaque paysan rwandais ne dispose que d'un peu plus d'un hectare de terre arable. D'autre part la population croît à un rythme assez élevé qui est même supérieur à celui de l'Inde.

L'utilisation de l'engrais naturel n'est pas possible étant donné que les troupeaux de bovidés ne sont utilisés que pour la parade et ne sont pas rassemblés dans des étables.

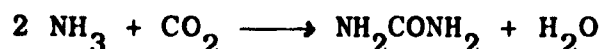
Il est peu probable que dans un avenir relativement proche le Rwanda puisse encore assurer l'alimentation de sa population et par conséquent une famine est à craindre.

Pour pouvoir nourrir sa population le Rwanda devra de toute façon améliorer le rendement de ses cultures au moyen d'engrais.

Il est possible de produire des engrais azotés à partir du gaz du lac Kivu sans recourir à l'importation de matières premières. En effet l'urée, qui est l'engrais le plus riche en azote, peut être produite à partir de méthane en passant par l'ammoniac. Cet ammoniac est obtenu par synthèse à partir d'azote provenant de l'air et d'hydrogène provenant du reformage catalytique de méthane.



L'urée est obtenue par la réaction de l'ammoniac et du CO<sub>2</sub> formé lors du reformage précité.



Toutefois pour obtenir un engrais complet, d'autres éléments doivent être ajoutés notamment la potasse

et le phosphore. Il n'est certainement pas sans intérêt de rappeler que l'Ouganda possède des gisements de phosphate et même une usine de fabrication d'acide phosphorique et que dès lors, des échanges entre cette matière et l'urée restent dans le domaine des possibilités.

L'investissement nécessaire à l'installation d'une unité combinée d'ammoniac - urée est très élevé; en effet pour une unité standard de 300 t/j d'urée il faut prévoir deux unités d'ammoniac de 200 t/j et l'investissement total est actuellement de l'ordre de 45 millions de U.S. \$.

A ce montant il y a lieu d'ajouter l'investissement nécessaire à l'extraction du gaz du lac Kivu.

La consommation annuelle en méthane pour l'ensemble de l'unité ammoniac - urée capable de produire 300 t d'urée par jour est de 75 millions de Nm<sup>3</sup> de méthane à 93 %.

L'extraction d'une telle quantité nécessite une plate-forme de captage (off-shore) flottant sur le lac et une unité de purification sur la rive (on-shore).

Un accord préalable entre le Rwanda et le Zaïre est donc nécessaire non seulement pour l'extraction du gaz mais également pour la fourniture de la force motrice qui, pour l'unité décrite ci-dessus, s'élève-rait à près de 9 000 kWh.

### **2.8.5 Conclusion**

Avant de procéder à une extension de la Station de captage il faut en premier lieu remettre l'installation actuelle en état de fonctionnement. En plus une supervision par un ingénieur qualifié, disposant d'un budget adéquat et d'une autorité pratique certaine, est absolument nécessaire.

Dès que ces deux conditions seront effectivement remplies la rentabilité d'une exploitation du gaz du lac Kivu sera effective. Cela permettra également de vaincre une fois pour toutes le scepticisme qui s'est répandu concernant cette rentabilité et qui provient de la mauvaise gestion de la Station actuelle.

En ce qui concerne les diverses possibilités d'utilisations futures du gaz, la solution la plus rentable et qui ne nécessite pas d'investissements supplémentaires pour son utilisation réside dans l'approvisionnement total de la brasserie Bralirwa de Gisenyi en combustible provenant du lac Kivu.

Les autres utilisations décrites ci-dessus demandent l'installation de nouvelles unités de consommation de gaz et peuvent être inscrites dans un programme de développement industriel du Rwanda.

Bien entendu d'autres utilisations, non mentionnées ci-dessus, sont également possibles mais sont peu rentables en raison de l'absence quasi totale d'une infrastructure industrielle dans le pays.

## 2.9 REVISION DE L'OFFRE SOCOMERWA

### 2.9.1 Construction des appareils chaudronnés

En vue de l'examen de l'offre de Socomerwa les techniciens d'U C B ont calculé les poids de chaque appareil chaudronné en faisant la distinction entre les poids des tôles, des profilés et des brides puisque les prix unitaires sont différents pour chaque poste. De même a été établie la main d'oeuvre nécessaire pour le façonnage et pour les surfaces qui seront à protéger après un sablage préalable.

Le tableau n° I mentionne tous ces éléments. Toutefois les poids des petits appareils n'ont pas été calculés étant donné leur faible importance.

Pour l'estimation du coût de la fabrication des appareils les prix ci-dessous fournis par Socomerwa ont été pris en considération.

Prix tôles	: 200 frs Rw/kg
Prix profilés	: 200 frs Rw/kg
Prix brides	: 350 frs Rw/kg
Prix sablage et enduction	: 2 400 frs Rw/m <sup>2</sup>
Prix main d'oeuvre	: 320 frs Rw/heure

Sur base de ces prix unitaires une estimation du prix de chaque appareil chaudronné a été établie et comparée avec la première offre de Socomerwa. Ces éléments sont repris dans le tableau n° II.

En comparant les estimations d'U C B avec la première offre de Socomerwa les prix estimatifs d'U C B sont très proches de ceux avancés par Socomerwa, notamment pour la charpente et la colonne de lavage de Ø 3 m, par contre de grandes différences existent pour les dégazeurs et le séparateur.

L'attention de Mr. THOMAS, Directeur Gérant de Socomerwa, a été attirée sur ces différences lors de

la visite que lui ont rendue les techniciens U C B et Mr. EDELINE du P N U D .

Mr. THOMAS a d'abord mal pris nos remarques en alléguant qu'il avait le monopole de ces fabrications au Rwanda. Ensuite il a bien voulu revoir les deux derniers postes et refaire une offre.

Les prix de cette dernière sont indiqués également dans le tableau n° II mais malgré cette révision de prix des différences non expliquables existent toujours.

#### 2.9.2 Montage

Dans sa première offre Socomerwa avait prévu un montant de 1 814 400 frs Rw pour le montage des appareils.

De l'avis d'U C B ce montant semble être très élevé comparé aux prix pratiqués en Europe. Nous avons fait part de cette remarque à Mr. THOMAS et dans sa seconde offre ce prix malgré qu'il ait été diminué de 17 % reste encore très élevé.

#### 2.9.3 Conclusion

Malgré que, dans l'ensemble, Socomerwa ait diminué ses prix de 10 % ceux-ci restent, à notre avis, de 30 % supérieur aux prix pratiqués dans des conditions normales. Il est clair que Socomerwa veut profiter du monopole dont il jouit.

Il appartient au P.N.U.D. d'envisager la possibilité de demander prix à des firmes établies au Kenya. Il est d'ailleurs bon de rappeler que les appareils actuellement en service ont été construits par HAARTZ and BELL à NAIROBI.

TABLEAU I

POIDS DES PRINCIPAUX APPAREILS CHAUDRONNES  
 MAIN D'OEUVRE ESTIMEE POUR LEUR CONSTRUCTION  
 SURFACE A PROTEGER

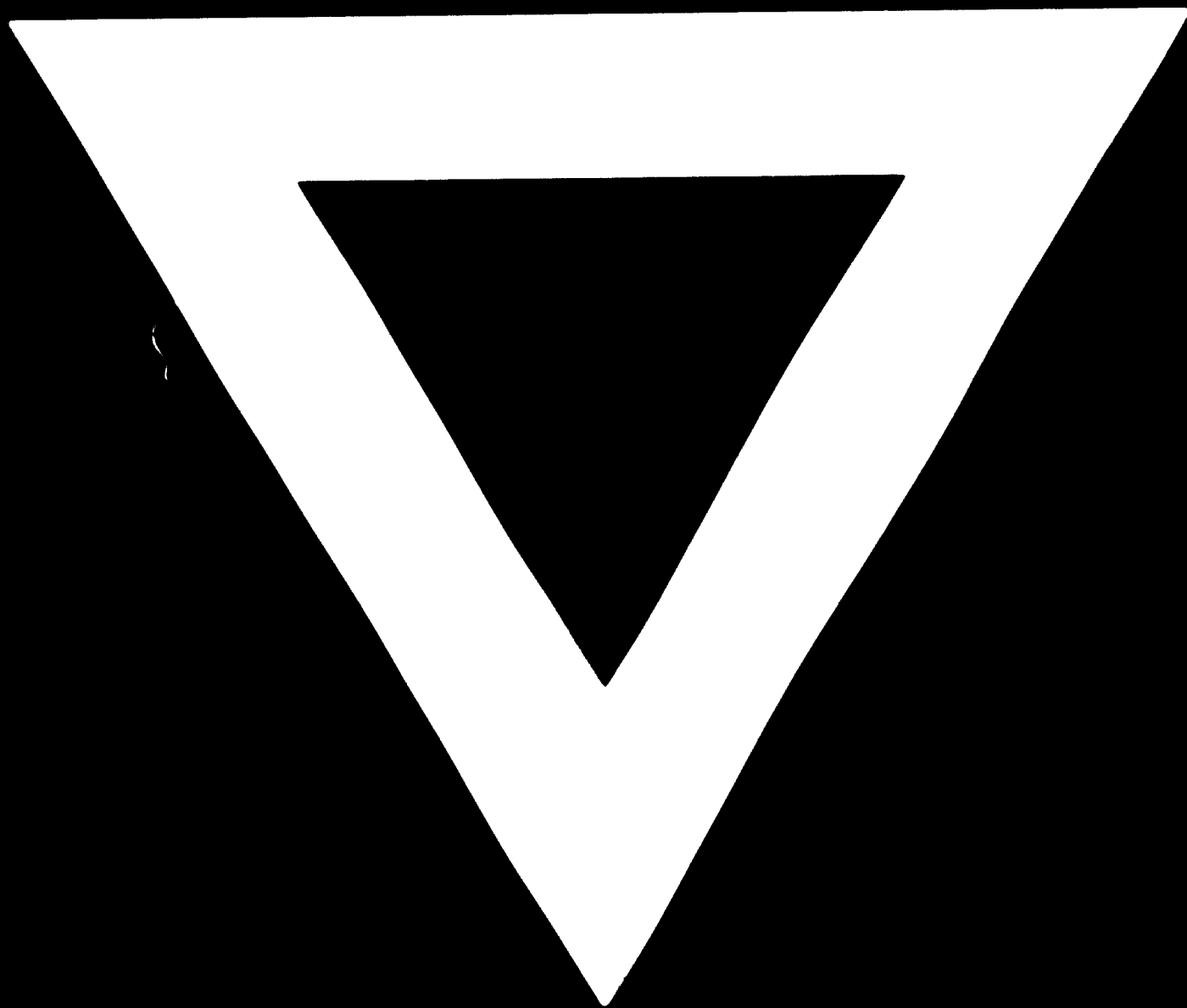
Appareils	Toles kg	Profilsés kg	Brides kg	Poids total kg	Main d'oeuvre heures	Surface à protéger m <sup>2</sup>
Dégazeurs	1 000	-	500	1 500	160	-
Séparateur	900	1 500	400	2 800	320	35
Charpente	600	5 400	-	6 000	640	-
Colonne de lavage Ø 3 m	2 500	2 100	400	5 000	640	120
Colonne de lavage Ø 2 m	1 500	1 100	400	3 000	970	80
Radeau	1 700	800	-	2 500	250	-

**TABLEAU II**

**COMPARAISON OFFRES SOCOMERWA ET ESTIMATION U C B POUR APPAREILS CHAUDRONNES**

Appareils	Première offre Socomerwa en frs Rw	Deuxième offre Socomerwa en frs Rw	Estimation U C B fabrication rwandaise en frs Rw
Dégazeurs	920 530	761 130	264 000
Séparateur	1 075 600	876 000	650 000
Charpente	1 223 825	1 223 825	1 180 000
Colonne de lavage Ø 3 m	1 559 790	1 559 790	1 300 000
Colonne de lavage Ø 2 m	1 250 655	1 250 655	800 000
Radeau	782 650	782 650	480 000
Petit matériel	<u>341 330</u>	<u>341 330</u>	<u>(341 330)</u>
	7 154 380	6 795 380	5 015 330
Montage	<u>1 814 400</u>	<u>1 359 000</u>	<u>1 003 000</u>
Total	8 968 780	8 154 380	6 018 330

**G-344**



**77. 10. 05**