



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

16259

ASSISTANCE EN VUE DE L'INSTALLATION D'UNE UNITE
DE RECYCLAGE DES HUILES USEES AU TOGO

SI/TOG/86/801

TOGO

Rapport final*

Etabli pour le Gouvernement du Togo
par l'Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel,
agent d'exécution pour le compte du Programme
des Nations Unies pour le Développement

D'après l'étude de
Dominique Barbier, économiste industriel
Hermann Zoidl, Expert en régénération des huiles usées
Rassoul Movahedi, analyste chimiste

Fonctionnaire chargée du soutien organique: S. Maltezoou,
Service des industries chimiques

Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel
Vienne

* Ce document n'a pas fait l'objet d'une mise au point rédactionnelle.

Nous avons l'avantage de remercier Dr. S.P. Maltezou, Service des Industries Chimiques de l'ONUDI, M. Y. Messian, Section des Etudes des Réalisation et M.P. Djato-Kolani, Direction de l'Industrie et de l'Artisanat au Ministère du Plan et de l'Industrie dont la collaboration a permis de réaliser les taches et de résoudre les problèmes ci-dessus mentionnés.

INTRODUCTION

L'étude de pré faisabilité d'une usine de reraffinage des huiles lubrifiantes usagées au TOGO a été entreprise en deux temps.

Tout d'abord, une mission au TOGO (26/5 au 23/6/86) a permis de collecter les informations relatives aux matières premières locales, aux produits finis actuellement consommés ainsi qu'aux données de génie civil. Le régime de taxation et d'imposition au TOGO a également été étudié au cours de cette mission. Les informations collectées ont été consignées dans deux rapports en date du 23/6/86 (rapports préliminaires, D. Barbier et H. Zoidl, 23 juin 1986).

Dans un deuxième temps, l'étude technique et l'étude financière ont été exécutées à partir des résultats de la mission au TOGO.

Le présent document concerne l'étude financière réalisée à partir des premières données techniques de base figurant dans le rapport de l'expert spécialiste, Monsieur Zoidl, remis à l'ONUDI à Vienne, le 25/6/86.

Les premières données techniques de base utilisées pour le calcul des consommations de matières premières et des rendements en produits finis prennent en compte les analyses chimiques des huiles usagées, prélevées au TOGO en juin 1986. La conception technique et les calculs de consommation tiennent compte des données et résultats constatés dans des usines similaires en Afrique et au Moyen Orient.

RESUME

1. L'étude de pré faisabilité a été conduite à partir des chiffres de l'étude du marché des matières premières locales (huiles usagées) et du marché des produits finis (huile neuve) exécutée au TOGO dans la période du 26/05 au 23.06.1986. Cette étude de l'approvisionnement en matières premières et de la vente des produits finis a fait l'objet d'un rapport en date du 23.06.1986.

Les données de base recueillies étaient les suivantes:

- a) Quantité d'huiles usagées pouvant être collectées:

TOGO	1 800	tonnes
BENIN	350	tonnes
GHANA	350	tonnes
<hr/>		
TOTAL	2 500	tonnes

- b) Prix d'achat des huiles usagées:

Le prix rendu aux cuves de stockage de la future usine évoluerait entre 45 et 50 FCFA/litre.

- c) Prix de vente des produits finis: huiles neuves ^{1/}

Le prix de dépôt distributeur se présente comme suit:

huile monograde :	bidon de 4 l :	3.043	FCFA
	fût de 208 l :	130.550	FCFA
huile multigrade :	bidon de 4 l :	5.373	FCFA
	fût de 208 l :	150.640	FCFA

^{1/} Les prix mentionnés se réfèrent aux chiffres fournis par la Société locale "TOTAL". Le détail de la structure de prix est présenté au chapitre 8.XVI.

2. L'étude de pré faisabilité qui suit a été exécutée à partir d'une hypothèse de base présentée au chapitre 8.V.
3. Une variante du financement a été étudiée au chapitre 8.XXII.
4. Une étude de sensibilité a été entreprise en ce qui concerne les investissements et le coût de la matière première locale (huile usagée): chapitres 8.XXVIII, 8.XXIX, 8.XXX.
5. L'étude de pré faisabilité aborde les points suivants:
 - Caractéristique générale du TOGO
 - Marché mondial des huiles lubrifiante
 - Marché des lubrifiants au TOGO
 - Etude des disponibilités en huiles usagées au TOGO
 - Utilisations des huiles usagées
 - Choix de technologie et de capacité de l'usine projetée
 - Caractéristique de procédé choisi
 - Etude financière
6. L'étude financière aborde les points suivants:
 - investissements
 - amortissements
 - coûts de production
 - chiffre d'affaires
 - état des recettes nettes
 - cash flow et TRI/investissements
 - cash flow et TRI/capital
 - trésorerie prévisionnelle
 - bilan prévisionnel
 - seuil de rentabilité
 - temps de récupération des capitaux investis.

L'étude financière (rentabilité financière) est suivie d'une analyse économique du projet portant sur l'économie en devises: chapitres 8.XXXIX et 8.XXXX.

Une synthèse des résultats de l'étude financière est présentée par différents ratios caractéristiques au chapitre 8.I.

7. Les conclusions et recommandations sont présentées au chapitre 9.

8. Les annexes concernent:

- les analyses de la laboratoire (annexe I)
- les risques encourues par l'incinération des huiles usagées (annexe II)
- un plan de Lomé avec la situation des principaux points de collecte.
- Rapport sur les analyses d'huiles usagées du Togo (annexe III)

TABLE DES MATIERES

	<u>Page</u>
SYNTHESE	
1. CARACTERISTIQUES GENERALES DU TOGO	- 1 -
2. MARCHÉ MONDIAL DES HUILES LUBRIFIANTES ET LES CAPACITES DE PRODUCTION	- 3 -
3. MARCHÉ DES LUBRIFIANTS AU TOGO	- 6 -
3.1 Vue d'ensemble	- 6 -
3.2 Repartition des ventes par canal et par type d'huile	- 9 -
3.3 Prix de vente	- 13 -
4. ETUDE DES DISPONIBILITES EN HUILES USAGES AU TOGO	- 15 -
4.1 Methodes de determination des quantités d'huiles usagées disponibles pour le recyclage	- 15 -
4.2 Analyse à partir du parc automobile togolais	- 16 -
4.3 Analyse à partir de l'enquête auprès des générateurs d'huiles usagés	- 20 -
4.4 Estimations des récupérations totales possibles pour une unité de régénération d'huiles de vidanges située au Togo	- 24 -
4.5 Concurrence au niveau de l'utilisation des huiles usagées	- 25 -
4.6 Reglementation en vigueur	- 27 -
4.7 Conception d'un système de collecte des huiles usages	- 27 -
4.8 La situation sénégalaise	- 33 -

	<u>Page</u>
5. LES UTILISATIONS POSSIBLES DES HUILES USAGEES	- 42 -
6. CHOIX DE TECHNOLOGIE ET DE CAPACITE DE L'USINE PROJETEE	- 45 -
6.1 Choix de technologie	- 46 -
6.2 Choix de capacité	
6.3 Choix de type des produits finaux	- 47 -
7. CARACTERISTIQUES DU PROCÉDE CHOISI	- 48 -
7.1 Description du procédé et flowsheet	- 48 -
7.2 Traitement des déchets de re-raffinage du procédé choisi	- 53 -
7.3 Bilan de matières	- 55 -
7.4 Données de procédé	- 56 -
7.5 Matières d'alimentation	- 57 -
7.6 Produits	- 58 -
7.7 Besoins en personnel	- 60 -
7.8 Liste d'équipement et estimation du coût d'investissement	- 61 -
7.9 Plan d'ensemble	- 65 -
8. ETUDE FINANCIERE (voir TABLE DES MATIERES P. 67)	- 67 -
9. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	- 125 -

ANNEXES

ANNEXE I	127
Les analyses de laboratoire des échantillons prélevés	
ANNEXE II	129
Caractérisation principale des risques encourues par l'incinération des huiles usagées	
ANNEX III	132
Rapport sur les analyses d'huiles usagées au Togo	
<u>BIBLIOGRAPHY</u>	184

SYNTHESE DE L'ETUDE DE PREFAISABILITE D'UNE USINE DE REGENERATION DES HUILES USAGEES AU BURKINA FASO

Au fur et à mesure de l'industrialisation d'un pays, la pollution par les déchets industriels tend à prendre le pas sur la pollution d'origine domestique.

La prise en compte, tardive, de la pollution industrielle dans les pays les plus développés, a entraîné la mise en place de procédés d'élimination des déchets polluants, puis, après notamment le "premier choc pétrolier", s'est engagée de façon systématique la recherche des moyens de réutilisation de ces déchets, particulièrement ceux d'origine pétrolière.

Un certain nombre de processus sont à présent au point et utilisés de façon systématique.

Les pays en voie d'industrialisation peuvent aujourd'hui bénéficier de l'expérience technique des pays développés, en engageant la lutte contre la pollution industrielle avant qu'elle ne se manifeste de façon critique, et s'efforcer par ailleurs de valoriser au mieux les déchets récupérables.

C'est dans ce cadre que s'inscrit la présente étude de pré faisabilité d'installer au Burkina Faso une unité de régénération dans le domaine spécifique des huiles lubrifiantes.

L'étude de pré faisabilité d'une usine de raffinage des huiles usagées au Burkina Faso aboutit aux conclusions suivantes:

- o Il n'est pas possible d'envisager une usine de raffinage à partir du traitement des seules huiles usagées du Burkina Faso compte tenu des faibles quantités collectables dans le pays de l'ordre de 1100 à 1300 tonnes/an.
- o L'évolution des consommations d'huiles neuves au Burkina Faso, ces dernières années, ne permet pas de prévoir une augmentation intéressante des huiles usagées disponibles dans un avenir proche.
- o Moyennant une organisation et des accords de coopération entre le Burkina Faso et le Niger, il est possible d'envisager l'implantation d'une unité industrielle de raffinage des huiles usagées commune aux deux pays d'une capacité de 2500 tonnes/an, dont 1000 à 1200 tonnes/an sont susceptibles d'être récupérées au Niger.
- o Le prix d'achat des huiles usagées rendues aux cuves de stockage de la future usine évoluerait entre 35 et 80 FCFA par litre suivant la provenance.
- o Compte tenu de l'étendue du Burkina Faso et du Niger et de la dispersion des sites de récupération des huiles usagées, on remarque que la collecte de celles-ci demande une organisation, réclame des moyens et nécessite le support des gouvernements.

- o S'il n'est pas possible de réaliser une unité de raffinage commune aux deux pays, on doit envisager la substitution partielle du fuel 180 par les huiles usagées comme solution permanente.
- o L'incinération des huiles usagées présente le moindre risque en ce qui concerne la mise en marche d'un système de recyclage au BURKINA FASO parce que le fuel 180 pourrait être remplacé au fur et mesure par les quantités collectées des huiles usagées. L'incinération des huiles usagées ne nécessiterait qu'un moindre investissement dans les entreprises concernées.
- o L'investissement total d'une unité de raffinage de 2500 tonnes/an correspondant à un traitement de 1,5 tonnes par heure d'huiles usagées au Burkina Faso s'élève à environ 1,5 milliards de FCFA.
- o L'étude financière conduit à certains résultats intéressants.
 - . Etudiant plus particulièrement l'hypothèse où l'usine pourrait être approvisionnée par les huiles usagées en provenance du Burkina Faso et du Niger, on remarque que le taux de rentabilité interne (TRI) par rapport à l'investissement est de 14,6 %, dans le cas où les huiles usagées seraient achetées au prix moyen de 45 DCFA/litre au Burkina Faso et 72 FCFA/litre au Niger (collecte + transport Niamey - Ouagadougou). Ce TRI tomberait à 13,6 % dans le cas où les huiles usagées seraient achetées au prix moyen de 50 FCFA/litre au Burkina Faso et 80 FCFA/litre au Niger (collecte + transport Niamey - Ouagadougou).
 - . En ce qui concerne un approvisionnement d'huiles usagées en provenance du seul Burkina Faso, l'étude financière exécutée sur une unité réduite (1 t/h) démontre que le projet n'est pas rentable (TRI = 2,3 %). Considérant même dans ce dernier cas un prix de collecte des huiles usagées réduit de moitié (25 FCFA/kilo au lieu de 50 FCFA/kilo) le Taux de rentabilité interne (TRI) n'atteindrait pas 5 %.

Dans ces conditions, on est amené à émettre les recommandations suivantes:

- o Mise au point d'un système de collecte adéquat en créant le dispositif de collecte et de son organisation.
- o Décision des méthodes d'utilisation des huiles usagées avant la mise en marche d'une unité de raffinage d'huile usagées. Il y a deux variantes:
 - . Exportation des huiles usagées vers les pays de l'Afrique de l'Ouest qui disposent d'unités de recyclage d'huiles usagées.
 - . L'utilisation des huiles usagées dans les fours (briquetterie, céramique) ou dans les chaudières à vapeur (brasserie, sucrerie, distillerie, huilerie, savonnerie).
 - . Les utilisations des huiles usagées comme combustible doivent faire l'objet d'études complémentaires en vue de déterminer les modifications /compléments à apporter aux systèmes d'incinération existants dans les futures usines utilisatrices.

- o L'adoption par le Gouvernement de mesures visant à empêcher de jeter les huiles usagées n'importe où ainsi qu'à interdire l'utilisation de celles-ci à des fins présentant un danger pour l'environnement et la santé des habitants. Ces mesures prises par le Gouvernement doivent faire l'objet d'une loi générale concernant l'élimination des déchets industriels au nombre desquels il faut compter les huiles de vidange. Cette loi doit être assez précise dans la définition des moyens qui seront mis en place ainsi que dans les dispositions de contrôles visant à l'application des textes.
- o Décision définitive d'investissement d'une unité de raffinage des huiles usagées. Une décision positive pourra être prise, s'il est possible d'établir un accord au niveau gouvernemental entre le Burkina Faso et le Niger en vue de réaliser une unité de raffinage commune aux deux pays.
- o En cas d'une décision négative à l'égard de la réalisation d'une unité de raffinage, l'incinération des huiles usagées dans des entreprises industrielles comme substitut au fuel 180 deviendra une solution permanente.

CHAPITRE 1

1. CARACTERISTIQUES GENERALES DU TOGO

Le TOGO est situé entre le GHANA à l'ouest, la République Populaire du BENIN à l'est, le Golfe du BENIN au Sud et le BURKINA FASO au Nord. Le littoral ne mesure que 55 kms, et 600 kms séparent l'océan de la frontière Nord. La superficie du TOGO est de 56 000 kms².

D'après les recensements les plus récents, le TOGO compte 2,8 millions d'habitants dont 350 000 représentent la population urbaine. Les principales villes sont Lomé (230 000 habitants), Sokode (33 500 habitants), Kpalime (25 000 habitants), Atakpame (21 800 habitants), Tsevie (13 900 habitants), Bassar (17 600 habitants), Lamakara (15 000 habitants) et Aneho (13 000 habitants).

Le taux d'accroissement annuel de la population a été de 2,6 % dans la période 1973 - 1983 et serait de 3,2 % dans la période 1983 - 2000.

Du point de vue des revenus, 80 % de la population active vit dans les campagnes et tire ses subsistances et ses revenus de l'agriculture dont l'exploitation est encore du type traditionnel.

Les principales richesses sont, outre les phosphates (2,7 millions de tonnes en 1984), les produits agricoles exportés par l'Office des Produits Agricoles du TOGO (O.P.A.T.), cacao, café, palmiste, coton, arachide, kapok.

L'industrie dont le développement est freiné par l'étroitesse du marché intérieur, retient l'attention du Gouvernement. On compte une quinzaine d'entreprises industrielles qui tiennent un rôle dans l'économie nationale. Parmi celles-ci signalons: exploitation des phosphates, travail du marbre, fabrication de profilés et fers à béton, huileries de palme, d'arachide et de coton, transformation du plastique, toitures métalliques pour bâtiment, broyage du clinker, produits en béton, pâtes alimentaires, brasserie, minoterie, savonneries.

Du point de vue des infrastructures, le pays est assez bien développé. On compte un port en eau profonde (Lomé) ayant reçu plus de 1 000 navires en 1985, un aéroport de classe internationale (Lomé) et un aéroport important dans le No. 1 (Lamakara). Le réseau de routes totalise 7 900 kms dont 1 700 kms de routes bitumées et 6 000 kms de routes praticables durant la saison sèche. On compte 400 kms de voie ferrée.

La politique libérale du TOGO fait de Lomé, avec son port en eau profonde, un centre commercial d'importance régionale.

Le pays dans son ensemble connaît un développement qui se remarque par rapport aux pays qui l'entourent (Ghana, Benin, Burkina Faso).

CHAPITRE 2**2. MARCHÉ MONDIAL DES HUILES LUBRIFIANTES
ET LES CAPACITÉS DE PRODUCTION**

Le tableau 2-1 indique les bilans projetés d'offre et de demande des huiles lubrifiantes de 1985 à 1990 en 000 tonnes.

Tableau 2-1: Bilans projetés d'offre et de demande des huiles lubrifiantes

	<u>en 000 tonnes</u>				
	Capacité eff. existante	Demande estimée		Excès 1985	(Déficit) 1990
		1985	1990		
Amérique du Nord	11 400	10 572	11 300	100	100
Europe d'Ouest	6 400	5 914	6 309	91	91
Extrême Orient	4 100	3 640	4 019	91	81
	4 100	3 640	4 019	91	81
Afrique	500	1 042	1 208	(542)	(708)
Moyen Orient	<u>800</u>	<u>1 831</u>	<u>2 657</u>	<u>(1 031)</u>	<u>(1 767)</u>
Totaux	23 200	23 000	25 403	200	(2 203)

Source: A Brief Review of the World Lube Oils Industry 1982,
by the International Bank for Reconstruction and Development/
The World Bank 1818H Street, N.W., Washington D.C. 20433 USA

Le déficit principal en ce qui concerne l'offre se situe dans les régions du Moyen Orient et de l'Afrique. En 1978, l'écart était de 319 000 tonnes au Moyen et de 447 000 tonnes en Afrique. Avec un taux de croissance de 7 % pour le Moyen Orient et de 3 % pour l'Afrique, on doit s'attendre à une augmentation des déficits, si de nouvelles capacités ne sont pas mises en place.

Donc le déficit projeté au Moyen Orient et en Afrique est estimé ^{1/} en millions de tonnes.

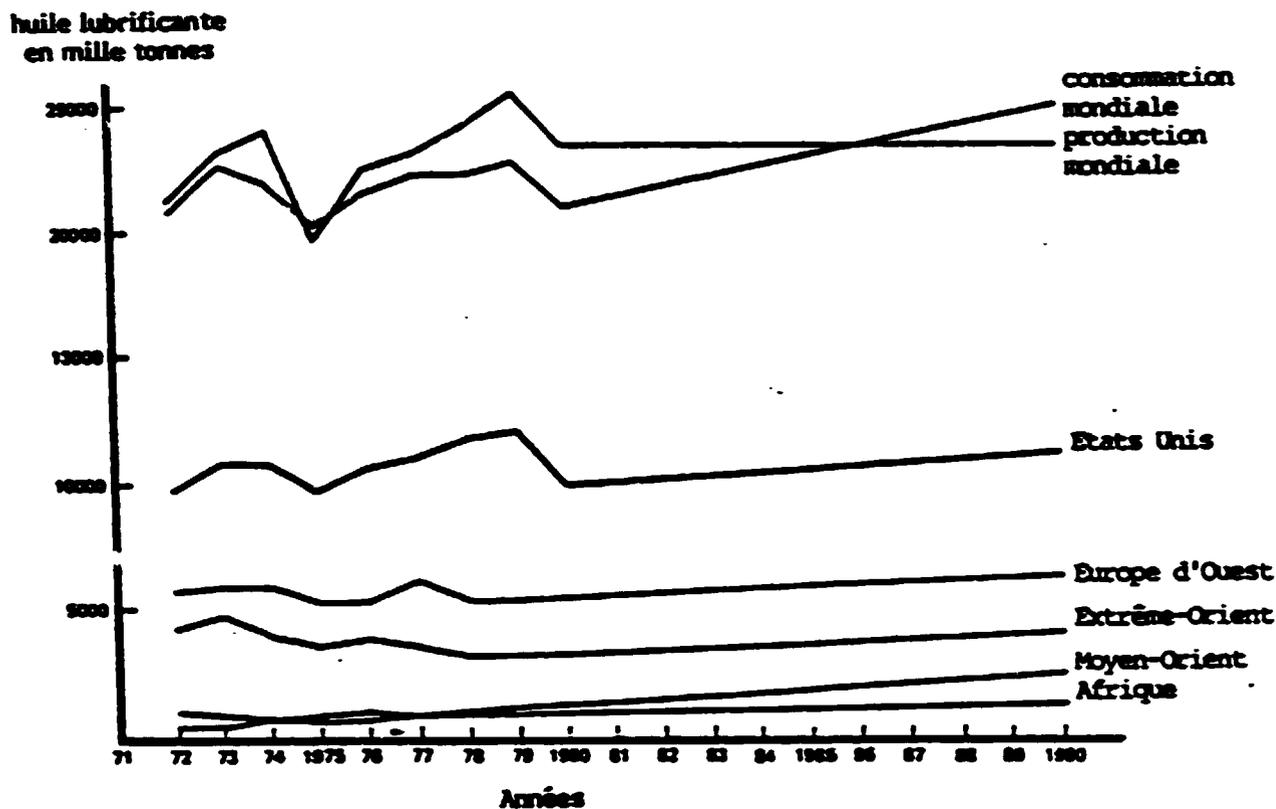
^{1/} International Bank for Reconstruction and Development, ibid.

	1985	1990
Moyen Orient	1,0	1,8
Afrique	<u>0,5</u>	<u>0,7</u>
Totaux	1,5	2,5

Le graphique 2-1 illustre le bilan de consommation et de production mondiales pour la période de 1972 - 1990. Selon ce graphique un manque mondial en huile lubrifiante se produira vraisemblablement entre 1985 et 1987, si l'on ne conçoit pas de nouvelles capacités de production. Le déficit d'offre mondial pourrait être l'ordre de 2,2 million tpa en 1990, ce qui nécessite de nouvelles capacités de production d'huile lubrifiante. Ces prévisions doivent pourtant être regardées avec précaution en raison de la situation actuelle de l'économie mondiale, de la récession continue dans l'industrie de l'automobile et des incertitudes en ce qui concerne les prix du pétrole.

Les déficits de capacités de production en Afrique qui seront en 1990 de 700 000 tpa pourront être compensés par la création d'unité de reraffinage d'huiles usagées qui seraient capables de satisfaire une partie de la demande d'huiles lubrifiantes. Celle-ci excède la capacité de production existante en Afrique et doit être satisfaite actuellement par des importations.

**Graphique 2-1: Consommation et capacité de production
mondiales d'huile lubrifiante**



Source: A Brief Review of the World Lube Oils Industry 1982,
by the International Bank for Reconstruction and Development/
The World Bank 1818H Stree, N.W., Washington D.C. 20433 USA

CHAPITRE 3

3. MARCHE DES LUBRIFIANTES AU TOGO

3.1 VUE D'ENSEMBLE

La demande des lubrifiants au Togo est satisfaite par les entreprises suivantes:

SHELL, TEXACO, BP, TOTAL, MOBIL

Ces entreprises importent la totalité des lubrifiants. Il n'existe pas d'unité de production de lubrifiants au Togo.

Les lubrifiants importés comprennent:

- o les huiles lubrifiantes (pour les utilisations automobiles et industrielles)
- o les graisses (pour les utilisations automobiles et industrielles)
- o les huiles utilisées comme matière première (dans l'artisanat cosmétique)

De point de vue applications sectorielles on distingue les huiles automobiles et les huiles industrielles.

Le secteur "automotives" comprend tous les voitures du type voitures particulières, camions et engins (moteur diesel stationnaire, grue, caterpillar, chariot élévateur). Le secteur "industriel" comprend les utilisateurs d'huiles hydrauliques, d'huiles transformateurs, d'huiles pour turbines, d'huiles pour compresseurs et d'huiles de coffrage.

De point de vue des caractéristiques de viscosité, on distingue les huiles "monogrades" et les huiles "multigrades".

Sur la base des informations des ventes des entreprises qui ont été visitées durant la mission sur place, la répartition des lubrifiants par type d'huile au Togo pour l'année 1985 peut être présentée suivant le tableau 3-1.

Tableau 3-1: Lubrifiantes par type d'huile au Togo, 1985

Entreprise	Totaux tpa (m ³ pa)	Huiles lubrifiantes tpa (m ³ pa)	Lubrifiant à usage perdu	
			Graisse tpa	Huile comme matière première tpa (m ³ pa)
SHELL	1 225	1 224	11	-
BP	904	777	27	-
MOBIL	745	743	2	-
TEXACO	717	530	130	57
TOTAL	587	584	3	-
Totaux	4 088	3 858	173	57

Source: Information orale de la Société TEXACO

Les graisses et les huiles utilisées comme matière première sont des lubrifiants à usage perdu tandis que les autres huiles lubrifiantes ne se consomment qu'à un certain degré pendant leur usage et en conséquence peuvent être récupérées dans un certain pourcentage.

$$\text{Taux de récupération} = \frac{\text{Quantité d'huile usagée}}{\text{Quantité d'huile neuve}} \times 100$$

Pour les huiles de moteur ce taux de récupération s'élève à 63 % selon 1/.
 Pour l'estimation des quantités d'huiles usagées à partir de la consommation des huiles neuves un facteur de 0,7 (70 %) a été choisi pour tenir compte du fait que les huiles lubrifiantes s'enrichissent de matières étrangères (essence, gasoil, eau, sédiments) pendant l'utilisation.

1/ Source: Rapport du groupe de travail "Résidues contenant des huiles minérales" Novembre 1979 Umweltbundesamt, Berlin.

Evolution de la consommation de lubrifiants, 1979 - 1985

D'après les statistiques sur les ventes des produits pétroliers au Togo la consommation des lubrifiants (y inclus les graisses qui ne représentent qu'un pourcentage faible d'environ de 3-4 %) s'est développée comme suit:

Tableau 3-2: Consommation des lubrifiants au Togo

Année	Consommation totale (m ³ pa)
1979	3 643
1980	3 522
1981	3 113
1982	3 170
1983	3 322
1984	3 870
1985	4 156

Source: GPP Togo

Clientèle

Les fournisseurs de lubrifiants présentent comme suit la distribution:

"réseau": les clients qui achètent les huiles auprès des stations de service;

"consommateur": les entreprises qui achètent les huiles directement auprès des fournisseurs;

"administration": les garages de l'administration (y inclus les garages de l'armée et de la gendarmerie) qui achètent les huiles directement auprès des fournisseurs.

3.2 REPARTITION DES VENTES PAR CANAL ET PAR TYPE D'HUILE

Le tableau 3-3 présente la répartition des ventes 1985 par canal.

Tableau 3-3: Statistiques des ventes par canal année 1985

en tonnes

Société	Totaux tpa	Reseau des stations service tpa	Consommateurs tpa	Administration tpa
SHELL	1 235 (30,22 %)	158	873 <u>1/</u>	204
BP	804 (19,66 %)	297	256	252
MOBIL	745 (18,22 %)	222	524 <u>2/</u>	-
TEXACO	717 <u>4/</u>	557	160	-
TOTAL	587 (14,35 %)	248	339 <u>3/</u>	-
Totaux	4 088	1 481 (36 %)		

Source:

- 1/ SHELL introduit dans cette rubrique des administrations et sociétés d'Etat non industrielles
- 2/ Le chiffre inclut aussi les quantités d'huile du canal "administration" de MOBIL de l'ordre de 398 tonnes qui sont susceptibles d'être fournies à l'OTP
- 3/ En fait TOTAL introduit dans la rubrique consommateurs les ventes aux administrations telles que CEET, Regie des Eaux.
- 4/ La société TEXACO a réexporté 9 tonnes d'huile lubrifiante sur le GHANA en 1985.

Le reseau de stations de service qui concerne les utilisateurs privés est présenté dans le tableau 3-4.

Tableau 3-4: Nombre de stations-service

Entreprise	Tout le pays	Lomé	Stations à Lomé avec possibilités de faire le vidange
BP	32	12	4
MOBIL	16	10	4
SHELL	24	8	3
TEXACO	15	13	6
TOTAL	15	12	4
Totaux	102	55	22

Source: Informations orales des entreprises pétrolières

Les stations-service et les petits garages effectuent les vidanges des particuliers.

Le secteur consommateur "industriel" comprend

o Les sociétés d'Etat:

Domaine agricole	SO.TO.CO (Société Togolaise du Coton) SRCC SONAPH ONAF IOTO (Industrie des Oléagineux du Togo) OTP (Office Togolaise des Phosphates)
Domaine industrie	CIMTOGO SOTEMA (Société Togolaise de Marbre)
Domaine transport	TOGOROUTE ou SNTR (Société Nationale de Transports Routiers)
Domaine commerce	SONACOM AUTO (Representant de NISSAN)

o Les sociétés privées de production:

BB (Brasserie du Benin)
STS (Société Togolaise de Siderurgie)
Les Huileries Togolaises "Goutte d'Or"

- o **Les sociétés de transport et d'entretien de voiture p.e.**
 - SCOA TOGO (Représentant de Peugeot - Mitsubishi - Suzuki)
 - CICA TOYOTA
 - DTG (Société Allemande du Togo, représentant Mercedes-Benz)
 - RENAUT-TOGO
 - CFAO-TOGO (Représentant Daihatsu, Mazda, Lada, Hino, Talbot)

- o **Sociétés de transport et les garages d'entretien de camions p.e.**
 - STTR (Société Togolaise de Transport Routiers)
 - RENALDO
 - TOGOROUTE
 - TOGOTRANS

- o **Les stations d'électricité isolées de la CEET (Compagnie d'Énergie Électrique du Togo)**

- o **Les sociétés maritimes**
 - SOTONAM (Société Togolaise de Navigation Maritime)

Le secteur consommateur "administration" comprend:

- o **Garage Central Administratif et ses garages annexes**
 - garage "parc et matériel", placé sous la Direction des Travaux Public
 - garage de la Régie Nationale des Eaux
- o **Les Garages de l'armée et de la gendarmerie**

De même les achats des Chemin de Fer du TOGO (CFT) sont susceptibles d'être inclus dans le canal "administration".

La répartition des ventes par type d'huile lubrifiante est présentée dans le tableau 3-5.

Tableau 3-5: Rapport huiles monogrades / multigrades, ventes 1985

(en tonnes)

SOCIETES	HUILES MULTI- GRADES	HUILES MONO- GRADES	GRAISSES	TOTAUX
BP	458	319	27	804
TOTAL	31	553	3	587
MOBIL	210	533	2	745
SHELL	403,6	820,4	11	1 235
TEXACO	9,9	568,2	129,8	707,9 <u>1/</u>
TOTAUX	1 112,5	2.793,6	172,8	4 078,9
% (Global)	27,3	68,5	4,2	100

Source: Informations orales des entreprises pétrolières

1/ Il y a lieu de tenir compte en 1985 d'une réexportation sur le Ghana s'élevant à 9,1 tonnes.

3.3 PRIX DE VENTE

Le prix de vente au détail dans les stations d'essence des différentes huiles lubrifiantes évolue entre 680 FCFA le litre (huile monograde pour moteur à essence) et 950 FCFA le litre (huile multigrade pour moteur diesel).

Les taxes représentent environ 26,9 % du prix de vente au détail.

Les frais d'approche représentent environ 13 % du prix de vente au détail.

La structure du prix de vente des huiles neuves au TOGO est présentée au tableau 3-6.

Tableau 3-6: Structure de prix (Compagnie total), FCFA

QUANTITE	Monograde (TRANSPORT) SAE, 30, 40, 50		Monograde SUPER HD SAE 30, 40, 50		MULTIGRADE GTS PLUS 20 W 50	
	Fût de 208 l	Bidon de 4l	Fût de 208 l	Bidon de 4 l par 6 bidons	Fût de 200 l	Bidon de 4 l par 6 bidons
CAF LOME	73.000		75.576	1.761,8	87.206	1.952
Taxes douanières et autres taxes	35.800		37.063	864	42.766	958
Frais d'approche	17.300		17.911	417,5	20.667	463
Cession dépôt LOME	126.100		130.559	3.043	150.640	3.373
Prix de vente : livré au consommateur emballage entier	133.120		137.280	3.190	157.040	3.520

CHAPITRE 4

4. ETUDE DES DISPONIBILITES EN HUILES USAGEES AU TOGO

4.1 METHODES DE DETERMINATION DES QUANTITES D'HUILES USAGEES DISPONIBLES POUR LE RECYCLAGE

Le calcul des disponibilités en huiles usagées au TOGO peut être entrepris par deux approches distinctes.

Tout d'abord, il s'agit d'évaluer le parc automobile togolaise ainsi que le parc automobile étranger opérant en territoire togolais. A partir des caractéristiques des véhicules et de la fréquence des vidanges, on peut calculer les récupérations totales. On adopte un coefficient de récupération de 70 % sur le volume d'huiles neuves vendues.

D'une autre façon, on analyse les résultats de l'enquête auprès des entreprises industrielles, garages, stations service, parcs de véhicules, sociétés de transport. On calcule par ailleurs les vidanges effectuées par les particuliers en se basant sur le total des ventes des stations d'essence. On en déduit la consommation totale par groupes d'utilisateurs: grands garages, vidanges effectuées par les particuliers.

Enfin, compte tenu de la proximité des villes de TEMA au GHANA et COTONOU au BENIN, il nous a semblé opportun de faire figurer une récupération d'importance moyenne au niveau de ces deux villes en vue de leur acheminement à Lomé.

On examinera dans l'ordre:

- l'analyse du parc automobile togolaise,
- la récapitulation des récupérations totales y compris les besoins industriels,
- les résultats de l'enquête,
- le calcul des récupérations par interprétation des résultats de l'enquête,
- l'estimation des récupérations totales,
- les propositions pour une meilleure récupération des huiles usagées.

4.2 ANALYSE A PARTIR DU PARC AUTOMOBILE TOGOLAIS

Composition du parc

Le Ministère des Transports a effectué récemment une analyse du parc "véhicules togolais". Les résultats de cette analyse conduisent à un état pour l'année 85 qui se présente comme suit:

	<u>Unités</u>
Voitures particulières	11.900
Minibus et camionnettes	2.980
Autocars	144
Camions	1.554
Semi-remorques	318
Tracteurs	226
TOTAL	17.122

Engines et vehicules speciaux

On estime que le total des engins et véhicules spéciaux travaillant au sein des entreprises ou des administrations atteindrait le nombre de 400 unités pour 1985.

Parc de la flotte internationale

Un nombre important de camions et semi remorques étrangers (BURKINA-FASO, NIGER, MALI) transitent par le TOGO. En effet le port de Lomé joue un rôle important dans le transit des marchandises en provenance et à destination des pays du Nord précédemment cités. Selon un rapport de la Banque Mondiale (TOGO: Issues and Options in the Engery Sector - june 1985) la flotte internationale de camions transitant par le TOGO serait au moins 4 fois supérieure à la flotte togolaise.

Dans une première approximation on estime que 25 % des camions et semi-remorques immatriculés dans les pays du Nord (MALI, BURKINA-FASO, NIGER) et transitant par le TOGO effectuent leur vidange d'huiles lubrifiantes dans ce dernier.

Ceci nous amène à calculer un volume de vidange d'huiles "lubrifiants" comme indiqué ci-dessous.

Taux d'accroissement du parc

D'après les informations recueillies auprès du Ministère des Transports et de la Direction Générale des transports on remarque un ralentissement dans le nombre des nouvelles immatriculations chaque année. Ainsi de 1982 à 1985, on a remarqué une diminution annuelle d'environ 10 % des immatriculations nouvelles en ce qui concerne les voitures particulières. On estime que le taux d'accroissement du parc automobile dans son ensemble est faible. Cette situation s'explique par le fait qu'on a atteint un niveau de saturation dans le développement des transports.

Tableau 4-1: Calcul des récupérations annuelles d'huiles de vidanges
(parc automobiles, camions, engins)

	NOMBRE	Vidanges volume théorique	Taux de récupération	TOTAL (LITRES)
a) voitures particulières	11.900	5 l X 4 fois/an	70 %	166.600
b) minibus et camionnettes	2.980	8 l X 4 fois/an 12 l X 4 fois/an	"	166.880
c) autocars	144	20 l X 6 fois/an 30 l X 3 fois/an	"	21.168
d) Camions	1.554	27 l X 6 fois/an 50 l X 6 fois/an	"	502.374
e) semi-remorques	318	30 l X 6 fois/an 55 l X 6 fois/an	"	113.526
f) tracteurs	226	27 l X 6 fois/an 50 l X 6 fois/an	"	73.088
A Total parc immatriculation au TOGO	17.122			1.043.636
B Parc engins et véhicules spéciaux	400	30 l X 6 fois/an 60 l X 6 fois/an	70 %	151.200
C Flotte internationale de camions et semi remorques	1.872	(estimée équivalente à la flotte togolaise)	70 %	615.900
TOTAL GENERAL : 1.810.736 litres				
(densité 0,9) soit 1.629.662 tonnes				

**RESUME DES RECUPERATIONS GLOBALES DE VIDANGES
A PARTIR DE L'INTERPRETATION DU PARC DE VEHICULES**

	Volume de lubrifiants en 1985
- Véhicules immatriculés au TOGO:	1.043,6 m ³
- Véhicules de la flotte internationale:	615,9 m ³
- Parc engins et véhicules spéciaux:	151,2 m ³
- Besoins industriels (groupe électrogènes, réducteurs, presses):	140,0 m ³
TOTAL	1.950,7 m³
densité 0,9 soit	1.755,6 tonnes
arrondi à	1.800 tonnes

Taux de récupération global national

En se basant sur les consommations totales d'huile de 1985 qui atteignent 4.000 tonnes on trouve un taux de récupération global national de :
 $1.800/4.000 = 45 \%$.

4.3 ANALYSE A PARTIR DE L'ENQUETE AUPRES DES GENERATIONS DES HUILES USAGEES

Les résultats de l'enquête auprès des entreprises industrielles, garages, stations-service, parcs de véhicules et sociétés de transport sont présentes dans la liste suivante:

Lieu d'exécution des vidanges	LOME et région maritime litres/an	Intérieur litres/an
Port autonome de LOME (parc engins)	20.000	
Togoroute (transports routiers)	8.000	
SATOM (entreprise génie civil)	6.000	9.600
O T P (Office des Phosphate)	270.000 *	
Capitainerie du port	124.000	
CEET (Energie Electrique)	14.000	82.000
CIMTOGO (Broyage de clinker)	7.700	
TOGOTRANS (transports routiers)	7.000	
Parc et matériel (administratif)	4.800	12.000
STTR (Transports routiers)	7.200	
Garage El HADJI (entretien camion)	7.200	
IOTO (huilerie)	1.500	
STS (sidérurgie)	20.000 *	
SONACOM AUTC (garage marque NISSAN)	4.800	
RENAULT (Garage)	4.800	
FAT (armée)	38.000	8.000
Gendarmerie	7.000	
Garage RENALDO (transport)	5.000	
ASECNA (Aéroport)	3.000	2.500
AIR AFRIQUE, UTA (parc engins)	2.500	
PEUGEOT (garage)	9.600	

suite

Suite

Lieu d'exécution des vidanges	LOME et région maritime litres/an	Intérieur litres/an
BRASSERIE DU BENIN	4.800 *	
CFT (Chemin de Fer du TOGO)	2.400	
CICA TOYOTA (Garage)	4.800	
DTG (Garage marque MERCEDES)	14.400	
SOTONAM (bateaux togolais)	109.800 (1)	
SOTOCO (Parc véhicule important)		52.100
Garage administratif (véhicules légers)	9.600	
CFAO (garage DHAITSU, LADA)	4.800	
COTOPAT (mécanique auto)	3.600	
INTER TRANS (transports routiers)	2.400	
SOBEA (adduction d'eau)	2.400	
SOTOEMA (enlèvement des ordures)	4.800	
GARAGE HONDA	3.600	
SONAPH (Huilerie de palme)		(2)
SRCC (culture café et cacao)		(3)
ITP (Plastiques)	7.600	
	<hr/>	<hr/>
	764.300	166.200
 TOTAL	 930.500 litres/an	

- * Les quantités d'huile de vidange sont recyclées actuellement (combustible)
- (1) Il s'agit des huiles récupérées dans les tanks de ballast des deux bateaux togolais: HODO et PIC d'AGOU.
- (2) La SONAPH vend ses huiles de vidange à la SRCC
- (3) La SRCC utilise ses huiles de vidanges pour traitement insecticide.

CALCUL DES RECUPERATIONS ANNUELLES DE VIDANGES PAR L'INTERPRETATION DES RESULTATS DE L'ENQUETE

Vidanges effectuées dans des garages publics ou des garages d'entretien d'entreprises

1. Grand garages, entreprises industrielles, administrations ayant fait l'objet de l'enquête:	930 m ³
2. Stations service, LOME et région maritime: 21 stations récupèrent 4 fûts par mois	101 m ³
3. Stations service de l'intérieur 10 % de (2)	10 m ³
4. Petits garages (1 fût par mois) non enquêtés systématiquement nombre: 50 pour LOME	120 m ³
5. Petits garages ($\frac{1}{2}$ fût par mois) non enquêtés systématiquement nombre: 50 pour l'intérieur 50 pour LOME TOTAL	120 m ³
6. Entreprises de travaux publics et de génie civil, non enquêtées: estimation	20 m ³
TOTAUX	1.300.000 m³ Ou 1.170 tonnes.

Vidanges effectuées par les particuliers

Il s'agit principalement des transporteurs routiers qui effectuent eux-mêmes leurs vidanges en cours de route;

Le calcul de ces vidanges peut-être opéré comme suit:

a) ensemble des ventes d'huile par le réseau	1.480 t
b) ventes de graisses et huiles 2 temps: 5 %	74 t
c) pertes 30 % (a-b)	422 t
d) récupérations par les stations services en liaison avec le calcul de vindages effectuées ci-dessus $111 \text{ m}^3 \times 0,9$	100 t
e) récupération par les petits garages $240 \text{ m}^3 \times 0,9$	216 t
f) ensemble des vidages effectuées par les particuliers a-b-c-d-e	668 t

Récapitulations par groupes principaux

a) Grands garages, entreprises industrielles	837 t
b) Stations service	100 t
c) Petits garages	216 t
d) Vidanges effectuées par les particuliers	668 t

TOTAUX 1.821 t

Par rapport au total d'huiles neuves consommées la récupération serait $1.821/4.000$ soit 45 %.

4.4 ESTIMATION DES RECUPERATIONS TOTALES POSSIBLES POUR UNE UNITE DE REGENERATION D'HUILES DE VIDANGES SITUÉE AU TOGO

La récupération par un système de collecte pourrait représenter au TOGO 1.800 tonnes/an d'huiles usagées.

Bien que la mission n'ait pu se rendre ni au GHANA, ni au BENIN des estimations de collecte peuvent être avancées sans risque. La proximité des grandes villes se présente comme suit:

LOME - TEMA (Ghana) : 150 kms
LOME - COTONOU (Benin) : 140 kms

On estime que les collectes peuvent apporter sans grandes difficultés:

300 tonnes d'huile usagée: provenance BENIN
300 tonnes d'huile usagée: provenance GHANA

La quantité totale récupérée au niveau d'un stockage à LOME pourrait être:

TOGO	1.800 tonnes
BENIN	350 tonnes
GHANA	350 tonnes
TOTAL	2.500 tonnes

4.5 CONCURRENCE AU NIVEAU DE L'UTILISATION DES HUILES USAGEES

Les huiles usagées ne connaissent pas actuellement d'utilisation précise au TOGO.

En évaluant les interviews on peut constater:

- la plupart des huiles usagées de vidange sont jetées n'importe où dans les sols où elles ne sont pas susceptibles de déranger la population.
- quelques entreprises brûlent les huiles usagées pour couvrir partiellement la demande en énergie. Ces huiles usagées remplacent les quantités équivalentes de fuel.

Le tableau suivant présente les quantités d'huiles usagées brûlées par les entreprises industrielles

Entreprises	Quantité brûlée (m ³ pa)
OTP	200 - 300
STS	27
Brasserie du Benin	5
CIMTOGO	8
Sucrierie Anie	14

Outre l'incinération on trouve d'autres utilisations des huiles usagées telles que

- o dépoussiérage des routes et stabilisation des sols
- o conservation des bois
- o désinfection des fossés sanitaires et des décharges d'ordures ménagères
- o lutte contre les insectes (parfois on mélange les huiles usagées avec des insecticides pour disperser le mélange dans les plantations)
- o lubrification dans le secteur artisanal (production d'huile)
- o lubrification dans le secteur industriel (bandes transporteuses)
- o lubrification des tampons de wagons des chemins de fer.

Il y a lieu de mentionner que l'huile usagée est utilisée en grande quantité sans que personne ne se soit soucié des effets nocifs de pollution. Il s'agit surtout des utilisations suivantes:

- o de l'utilisation pour la désinfection des fossés sanitaires et des décharges d'ordures ménagères
- o de l'utilisations comme support d'insecticide,
- o de l'utilisation pour le dépoussiérage des routes et la stabilisation des sols.

Il est évident que pour ces trois cas d'utilisation, le Service de l'Environnement doit se pencher sur le problème de la pollution. Il semble opportun, dans un esprit de lutte contre la pollution de limiter au maximum ce type d'utilisation.

Dans la mesure où l'on a démontré que l'huile usagée est une matière première locale qui présente une certaine valeur du point de vue de la composition chimique et qui permet par ailleurs une forte valeur ajoutée nationale, il est souhaitable de tout mettre en œuvre pour économiser cette matière première en vue de la meilleure valorisation possible.

L'objet de la présente étude est de démontrer en quoi consiste cette valorisation d'une matière première qui jusqu'ici était considérée avec peu d'intérêt.

4.6 REGLEMENTATION EN VIGUEUR

Actuellement il n'existe pas de réglementation concernant la collecte et le traitement des huiles usagées. Il y a un concept d'un Code d'Environnement qui concerne les "déchets industriels". Ce Code est susceptible d'être publié dans quelques mois.

Le concept de Code d'Environnement prévoit la remise obligatoire des déchets à des collecteurs agréés ou à un service public. Par ailleurs la fourniture des informations et statistiques sur l'origine, la quantité et le traitement de ces déchets est rendu obligatoire.

Ce Code d'Environnement représente une base du système de collecte des huiles usagées dont on envisage la création.

4.7 CONCEPTION D'UN SYSTEME DE COLLECTE DES HUILES USAGEES

Dans le cadre d'une collecte généralisée des huiles de vidanges on propose que les huiles actuellement brûlées (OTP, CIMTOGO, Brasserie du Bénin, STS) soient récupérées et régénérées.

Les utilisations secondaires des huiles de vidanges (lutte antimoustique, déodorisant pour les WC, imprégnation du bois, lutte antitermite, revêtement des pistes en terre) doivent être limitées au strict minimum compte tenu de la toxicité et des effets de pollution des huiles de vidange ainsi utilisées.

La loi sur l'environnement actuellement en préparation au niveau du Ministère de l'Aménagement Rural devrait permettre de mettre en place un système de collecte efficace.

Cette loi sur l'environnement précise que la collecte des huiles usagées devra être effectuée par des collecteurs agréés.

Definition des centres de collecte

On propose de collecter auprès des stations service et des générateurs les plus importants d'huiles usagées susceptibles de disposer de quantités supérieures à $0,5 \text{ m}^3/\text{mois}$. Les générateurs d'huiles usagées d'une production inférieure à $0,5 \text{ m}^3/\text{mois}$ doivent fournir leurs huiles usagées aux stations de service.

Un grand nombre de stations de service et de générateurs importants d'huiles usagées seront choisis comme centres de collecte.

Il est proposé de diviser le pays en deux régions principales de collecte:

Région I: Maritime

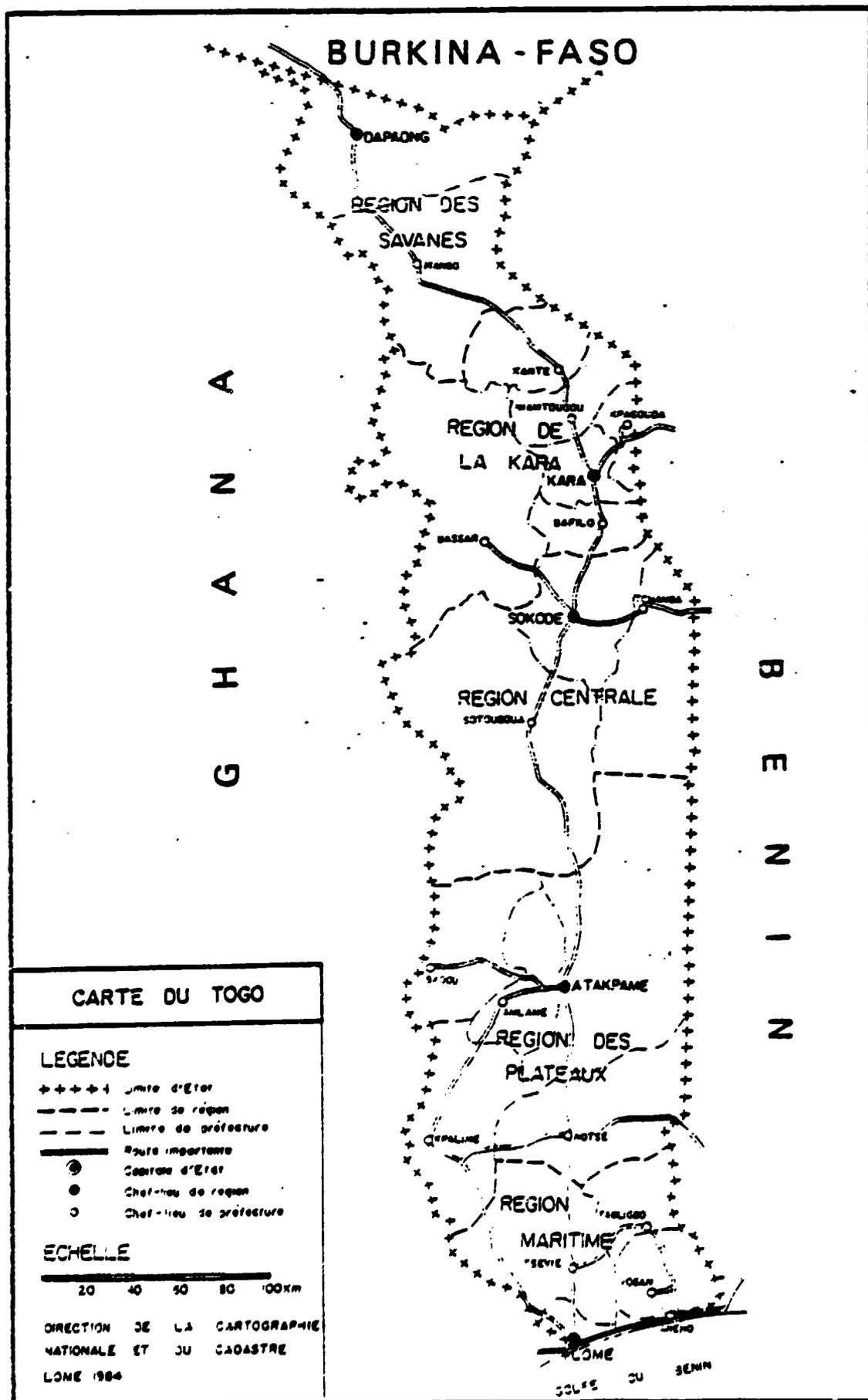
Région II: Plateau, Central, Savanne

Une carte de Togo qui décrit les deux régions principales de collecte est présentée au plan 4-1.

Dans chaque région un certain nombre de centres de collecte sera déterminé. Dans une première approche, l'entreprise de collecte doit mettre à la disposition des centres de collecte 5 fûts (à 208 l) pour la collecte des huiles usagées.

Ces fûts doivent être bien marqués de sorte qu'on ne verse que les huiles usagées de vidanges et aucune autre substance telle que l'eau, des solvants ou du sable.

Plan 4-1: Carte du TOGO



Nombre des centre de collecte

Région I:

- 40 stations service
- Une selection d'au moins 20 générateurs importants d'huiles usagées (p.e. OTP, SCCS, Garage-Central, RIT, Garage Peugeot-Mitshubishi ...)

Région II:

- 20 stations service
(On selectionnera 20 stations service sur les 60 réparties dans tout le pays)
- Grands générateurs:
SOTOCO-ATAKPAME
SUCRERIE ANIE (pendant la campagne)
SRCC-KPALIME

ANNEXE III présente une carte de LOME qui contient les principaux centres de collecte de la région I : stations service et générateurs importants d'huiles usagées.

Mise en marche du système de collecte

Compte tenu des difficultés rencontrées lors de la mise en marche des systèmes de collecte d'huiles usagées dans d'autres pays qui ne se sont souvent pas montrés capable d' approvisionner l'usine de raffinage en matières premières suffisantes (p.e. SOTULUBE en TUNISIE ou SRH au SENEGAL), nous proposons de démarrer la collecte des huiles usagées 6 à 12 mois avant de décider de la capacité de l'usine projeté.

Jusqu'au démarrage de l'opération de l'usine de raffinage on propose que les huiles collectées soient vendues à l'OTP en substitution au fuel lourd 3.500. La consommation actuelle d'huiles usagées de l'OTP est de l'ordre de 200 t/an.

La mise en marche du système de collecte pourra se dérouler suivant les étapes suivantes:

- Création de l'entreprise de collecte 2ème moitié 1986
- Achat de l'équipement de collecte fin 1986
- Collecte des huiles usagées début 1987

Investissement relatif à la collecte des huiles usagées:

- 1 camion-citerne pour Région I:
volume de la citerne: 5 m³
 - 1 camion-citerne pour Région II:
volume de la citerne: 10 m³
- Les camions-citerne doivent être équipées d'une pompe.
400 fûts vieilles à 208 L.

Pour réduire le coût d'investissement on propose de louer le matériel.

Centre de stockage intermédiaire

On propose de réaliser les cuves de stockage pour la collecte de manière telles qu'elles puissent être utilisées comme cuves de stockage des huiles usagées pour l'usine projetée.

Dans une première approche le centre de stockage intermédiaire consistera:

- 2 cuves rectangulaires à 15 m³ avec tri
- 2 pompes
- 2 cuves à 50 m³ (qui pourront être complétées par 2 ou 4 autres)
- 1 séparateur d'huiles (pour les drainages des huiles des cuves à 50 m³)
- 1 centrifugeuse (dans le cas qu'il est nécessaire d'éliminer de l'eau)

Génie Civil nécessaire: Fondation, mur en béton.

Rotations des camions-citerne

Donnée de base: 20 jours de travail/mois.

Région I: 5-10 remplissages/j à 1 m³/remplissage
5 jours de remplissage/semaine
1-2 vidange/j dans les cuves intermédiaire
Capacité maximale: 100 - 200 m³/mois

Région II: 2-4 remplissages/j à 1 m³/remplissage
4 jours de remplissage/semaine
1-2 jours de vidange par semaine
Capacité maximale: 32 - 64 m³/mois

Région I+II: Capacité du système de collecte d'huiles usagées
132 - 264 m³/mois corresp. à 1584 - 3168 m³/an ou
1 425,6 - 2 851,2 t/an.

Etranger:

Le travail de collecte dans les pays voisins (BENIN et GHANA) se limiterait aux 2 grandes villes:

COTONOU (BENIN), 140 kms de LOME

TEMA (GHANA), 150 kms de LOME

Le coût de la collecte a été estimé à partir d'une offre d'une société de transport, la Société Togolaise de Transports Routiers (STTR). Il y a lieu de prévoir 25 FCFA/litre en moyenne. Ce prix inclut tout les frais: locations du camion citerne équipé d'un pompe, frais de fonctionnement, frais d'entretien et chauffeur.

En organisant au mieux la collecte on estime que le prix pourrait descendre à 20 FCFA/litre. Mais cette estimation ne pourra être prise en compte qu'après le test du système mis en place et son organisation définitive sur le terrain.

On peut proposer le schéma suivant pour la définition des prix de l'huile usagée aux différents niveaux de la collecte:

- o Prix de vente à l'usine de régénération par l'entreprise de collecte: 45 FCFA/l
- o Prix de vente aux centres de collecte: 15 FCFA/l
- o Prix de vente à l'entreprise de collecte par les responsables des centres de collecte: 20 FCFA/l
- o Prix du transport centre de collecte - usine de régénération: 20 FCFA/l

Sur le plan de la qualité des huiles usagées l'entreprise de collecte et les responsables auprès des centres de collecte constitueraient les collecteurs agréés par l'usine de régénération et seraient responsables de la qualité des produits. Sur le plan de la protection de l'environnement les collecteurs secondaires seraient habilités à récupérer toutes les huiles de vidanges en dépôt ici et là.

4.8 LA SITUATION SENEGALAISE

Il est souhaitable de profiter des expériences faites dans les autres pays avec la mise en marche des systèmes de collecte et de traitement des huiles usagées pour éviter des erreurs importantes, surtout si ce pays - le Sénégal - se trouve dans des conditions économiques et sociales similaires.

La situation sénégalaise telle qu'elle est décrite dans "L'Etude de Prefectabilité d'un Projet d'Usine de Régénération des Huiles Usagées dans les Pays du Conseil de l'Entente" élaborée par "ROC international" est caractérisé par le fait que malgré un support très grand de l'Etat les quantités d'huiles usagées ne correspondent qu'à un quart des estimations. C'est la raison pour la quelle la société de régénération sénégalaise doit importer des huiles usagées de Côte d'Ivoire pour atteindre son seuil de rentabilité.

Le Sénégal importe l'huile de base et les additifs de lubrification et produit des huiles lubrifiantes: le mélange est effectué par deux sociétés pratiquant le Blending, la Compagnie Sénégalaise de Lubrifiants (C.S.L.), qui fournit les sociétés TOTAL, MOBIL, SHELL, TEXACO, et la société BP qui fournit également ESSO.

Quelques sociétés importent par ailleurs des lubrifiants finis spécifiques, la SAPCI (importateur SONOIL) et DAMLTAL (groupe DAVUM, importateur COFRAN), mais en quantités réduites.

La production locale (C.S.L. et BP) satisfait la consommation Sénégalaise et est en partie exportée vers les pays de la région (notamment le Niger).

En 1980, 9 500 tonnes d'huile de base ont été importées et ont permis la production de 11 000 tonnes de lubrifiants.

En 1984, 8 000 tonnes de lubrifiants ont été vendues au Sénégal, dont environ 80 % d'huiles "moteurs" et 20 % d'huiles industrielles.

Au début de 1980, a été lancé à l'initiative du groupe Petersen, qui est spécialisé jusqu'alors au Sénégal dans la production d'huile végétale (200 000 t/an), et sur l'incitation de l'Etat Sénégalais, un projet d'usine de retraitement des huiles usagées.

En octobre 1982 était créée la "Sénégalaise de Régénération des Huiles Minérales" (S.R.H.), société anonyme de droit sénégalais au capital de 110 millions de F.CFA.

La création de la SRH, souhaitée par l'Etat Sénégalais, a bénéficié de "trois mesures d'accompagnement" fondamentales qui ont permis le démarrage de l'exploitation dans de bonnes conditions:

- la publication d'un arrêté le 24 mars 1982, signé conjointement par le Ministère de l'Urbanisme, de l'Habitat et de l'Environnement et par le Ministère du Développement Industriel et de l'Artisanat relatif aux rejets et à l'utilisation des huiles usagées.

Cet arrêté, d'une grande simplicité, comporte 4 articles:

l'article 1 interdit tout rejet d'huiles usées dans le milieu naturel ou les réseaux d'assainissement, et tout brûlage de ces huiles

l'article 2 précise que seules les sociétés de régénération agréées sont autorisées à effectuer la collecte et le traitement des huiles usées.

l'article 3 concerne les sanctions encourues par les contrevenants aux dispositions des articles 1 et 2.

l'article 4 précise que l'exécution de l'arrêté relève de la responsabilité conjointe du Directeur de l'Environnement, du Directeur des Mines et de la Géologie, du Directeur de l'Industrie et du Directeur de l'Energie.

Le principal mérite de cet arrêté réside dans sa simplicité qui traduit la volonté publique d'encourager le retraitement des huiles usées.

- l'obtention par les Pouvoirs Publics d'un engagement des sociétés pétrolières effectuant le Blending à Dakar (CSL et BP) à acheter l'huile de base produite par la S.R.H.

Il est clair que cet "engagement" a fait l'objet d'une "incitation" très ferme de la part de l'Etat Sénégalais à l'égard des sociétés pétrolières pour le moins réticentes.

En revanche, les modalités d'application de cet engagement ont été définies par les sociétés acheteuses sur des critères techniques rigoureux et permettant un contrôle systématique de la qualité du produit et dans des conditions commerciales et financières concurrentielles qui atténuent le caractère léonin de l'accord passé.

- La mise en place de mesures fiscales favorables:
 - . taxation forte (80 %) des importations d'huiles de base
 - . réduction de la taxe sur la valeur ajoutée (TVA) sur l'huile de base issue de la régénération et sur l'huile lubrifiante finie contenant plus de 60 % d'huile régénérée (7 % au lieu de 34 %)
 - . pas de taxe sur la valeur ajoutée (TVA) sur les achats d'huile usagée.

En contrepartie de ces mesures préférentielles, la SRH doit présenter chaque année aux Pouvoirs Publics la décomposition de son compte d'exploitation faisant apparaître l'application d'un taux de marge réglementaire (12 %).

La SRH est actuellement la seule société agréée pour la collecte et le retraitement des huiles usées au Sénégal.

Traitement

La SRH exploite un procédé mis au point par la société française MATTHYS et installé en collaboration avec le Bureau d'Etudes GARAP (la Société MATTHYS est devenue depuis la Compagnie des Bases Lubrifiantes (C.B.L.) qui appartient au Groupe TOTAL).

Le procédé classique Acide/Terre comprend les cinq phases suivantes:

1. Prédécantation à 90 - 100°: élimination de l'eau et de gros sédiments.
2. Centrifugation: effectuée si la teneur en eau après décantation est supérieure à 0,2 %
3. Distillation à 365°: cassage des additifs
puis refroidissement à 28°C
4. Acidification: à l'acide sulfurique concentré
(6 % en poids) pendant 24-36 heures
mélange à la Terre activée
(5 % en poids)
5. Raffinage à 245°C, et
séparation:
 - des hydrocarbures légers récupérés pour le chauffage
 - de l'huile mélangée à la terre qui est envoyée dans un filtre presse et ressort sous forme d'huile de base

La durée du processus, par batch, est de 3 jours.

La SRH produit exclusivement de l'huile 500 Neutral qui correspond à la consommation principale du marché sénégalais.

L'investissement s'est élevé, en 1981-82, à 480 millions de F.CFA (non compris certaines cuves de stockage récupérées dans les anciennes installations du Groupe Petersen) y compris le montage et le frais d'établissement.

La SRH emploie 19 personnes dont:

- 1 Directeur expatrié
- 1 Cadre

- 4 Contremaîtres et Techniciens
- 4 Ouvriers qualifiés
- 9 Manœuvres et Gardins

Collecte

La SRH a mis en place un système de collecte sur l'ensemble du territoire sénégalais.

Pour faciliter le stockage des huiles usées par les détenteurs, la SRH dispose d'une stock tournant de 800 fûts de 200 l et d'une dizaine de cuves installées chez les gros détenteurs (1 à 8 m³). La capacité de stockage installée est donc de l'ordre de 130 à 150 tonnes, soit environ 10 % du tonnage collecté annuellement (1,25 mois de stockage).

A Dakar et dans sa région (zone "Cap Vert"), où est réalisée environ 60 % de la collecte du territoire, cette collecte est sous-traitée à un transporteur qui utilise 2 camions plateaux (préfinancés par le SRH) de 2,5 tonnes et peut ainsi visiter chaque point de collecte au moins une fois par semaine.

Le transporteur achetait, en 1984, le fût de 200 litres à 2 000 F.CFA (soit 11 F. le kg) et le revendait à la SRH 3 780 F. soit 21 F/kg, avec une marge brute de 47 % et un bénéfice net au niveau du transport estimé à 25-30 %, soit 5 à 6 F. le kg.

Deux cuves mises en place à Dakar pour la SRH sont par ailleurs vidangées par un camion citerne de 6 tonnes, loué avec chauffeur par la SRH (500.000 FCFA/mois).

A l'intérieur du pays, la SRH dispose de 8 agents régionaux salariés (40 000 F.CFA/mois), qui doivent fournir un quota mensuel d'huiles usagées (5 à 10 t/mois) assortis d'un système de bonus-malus.

La SRH a par ailleurs des contrats d'exclusivité avec un certain nombre de détenteurs importants.

La collecte à l'intérieur est effectuée par le camion citerne 6 tonnes en location.

Les circuits de collecte n'excèdent pas 1 000 kms.

Le coût moyen du transport n'excède pas 20 F/kg.

Sur l'ensemble du Sénégal, le prix d'achat de l'huile par la SRH varie de 8 à 40 F/kg, et le coût moyen, y.c. transport, est de 21 à 25 F.

Malgré l'importance de la collecte, et la qualité des huiles récupérées (75 % d'huiles moteurs et 25 % d'huiles industrielles), le tonnage collecté est insuffisant et l'approvisionnement en huiles usagées constitue le principal problème de la SRH.

Ainsi, en 1984, la collecte totale en territoire Sénégalais (y.c. Gambie) a été de 1 100 tonnes, dont 60 % dans la zone Cap Vert et 40 % à l'intérieur, soit un peu plus du quart du tonnage disponible estimé à 4 000 tonnes (50 % des ventes de lubrifiants).

C'est pourquoi, depuis la fin de 1984, la SRH a entrepris, avec l'accord du Ministère Ivoirien de l'Industrie de s'approvisionner en huile depuis la Côte d'Ivoire. Elle a pour cela passé un contrat avec une société privée ivoirienne qui a mis en place un système de collecte à Abidjan.

La SRH souhaite ainsi se procurer un appoint d'au moins 400 tonnes par an.

Vente

En vertu de l'accord passé avec les sociétés de blending installées à Dakar, la SRH vend à ces sociétés la totalité de sa production. Chaque lot vendu fait l'objet d'analyses effectuées dans les laboratoires des sociétés acheteuses. En deux ans d'activité, aucune livraison n'a été refusée.

L'huile de base fournie par la SRH est utilisée dans la fabrication des lubrifiants finis et commercialisés sans distinction dans le réseau et sous le label des différentes sociétés pétrolières. On peut ainsi estimer que l'huile de base SRH représente environ 15 % du tonnage utilisé dans les blending de Dakar.

Le prix de vente de l'huile de base SRH était, en novembre 1984, de 372,8 FCFA/kg, soit 398,9 FCFA/kg TTC.

La décomposition du prix de vente HT était la suivante:

- achats d'huiles usées	9 %
- matières consommables (acide, terre, énergie)	16,5 %
- frais fixes (dont main d'œuvre 18 %)	27 %
- frais financiers	14 %
- amortissement	22 %
- bénéfice	10,5 % (corresp. à un taux de marge de 12 %)
- transport	1 %

Les conclusions à retirer de l'expérience de la SRH sont les suivantes:

- Les conditions de la création de la SRH et les mesures prises par les pouvoirs publics ont été et restent déterminantes dans la rentabilité de l'exploitation
- Le problème technique du retraitement des huiles usagées ne présente pas de difficultés majeures, et permet le respect des normes imposées par les sociétés pétrolières.
- Les sociétés acheteuses, fortement réticentes au départ, ont admis sinon l'intérêt, au moins l'efficacité de l'installation. Elles "jouent le jeu", mais sans aucune complaisance. "L'incitation" gouvernementale reste indispensable.
- Le problème crucial est sans contexte celui de la collecte des huiles usagées.

La capacité de production de la SRH est excédentaire par rapport aux possibilités actuelles du marché d'approvisionnement sénégalais et la société fonctionne au minimum de ses conditions de rentabilité.

Le problème réside dans le rendement de la collecte qui ne parvient pas à dépasser 25 % du tonnage théoriquement récupérable, et ce malgré une réglementation très favorable et un système de ramassage bien organisé.

Lorsque l'on sait que le problème se pose à peu près dans les mêmes termes en France, il devient évident que la mise en œuvre de tous les moyens, réglementaires (y.c. moyens de contrôle) et techniques (infrastructures de stockage) susceptibles de favoriser la récupération des huiles usées constitue le facteur primordial de réussite d'un projet de régénération.

L'enjeu consiste à la fois à mener une lutte efficace contre une forme identifiée de pollution, et à permettre à l'industrie de régénération de développer son activité qui, dans le cas de la SRH, verrait son taux de rentabilité croître rapidement en fonction de son chiffre d'affaires.

En ce qui concerne la réalisation d'un projet de raffinage au Togo on doit conclure:

- que la volonté des pouvoirs publics de promouvoir efficacement la récupération puis la régénération des huiles usagées est une condition "sine qua none" de mise en œuvre d'un tel processus de régénération.
- qu'il convient d'être réaliste dans l'estimation du rendement à court terme de la collecte des huiles usées, et que, de ce fait, le choix de la capacité de traitement initiale doit prévoir une bonne utilisation, dès le départ, de cette capacité (de l'ordre de 65 à 75 %). Il convient que la rentabilité du traitement permette de supporter un surcoût d'approvisionnement, c'est-à-dire un prix d'achat suffisamment incitatif et un rayon de collecte suffisamment large pour accroître progressivement le rendement et le volume de cette collecte.
- que la grande différence entre le projet réalisé au Sénégal et le projet togolais réside dans le fait que la société de régénération togolaise doit exécuter elle-même le mélange et remplissage des huiles de base avec les additifs puisqu'il n'y a pas de société de blending au Togo. Ce fait a des avantages économiques puisque qu'il est plus profitable de vendre

des huiles finies que des huiles de base, mais il est nécessaire de trouver un accord avec une Société de Lubrifiants sur le marché togolais pour recevoir des formules de blending. Par ailleurs il y a lieu de tenir compte des exigences de qualités des huiles de base et des additifs, et d'assurer l'assistance de la commercialisation des produits.

CHAPITRE 5

5. LES UTILISATIONS POSSIBLES D'HUILE USAGÉE

L'huile usagée peut être utilisée comme complément au fuel lourd ou léger ou comme matière première pour la production des huiles de base lubrifiantes.

Complément au fuel lourd

Du point de vue de la qualité, l'huile usagée est semblable au fuel lourd. Ce ci se constate par le prix d'achat des huiles usagées qui est inférieur ou égal au prix d'achat des fuels lourds.

Les résultats des analyses sont importants pour décider dans quelles conditions les huiles usagées du Togo peuvent être utilisées comme complément au fuel avec ou sans traitement.

Complément au fuel léger

L'utilisation comme fuel léger nécessite une déshydratation mécanique et/ou thermique suivie par une demetallisation des huiles usagées. Jusqu'à présent le problème de demetallisation n'a pas trouvé des solutions satisfaisants au niveau des procédés de raffinage des huiles usagées.

Plusieurs groupes de chercheurs travaillent actuellement sur la mise au point d'un unité de demetallisation de faible capacité et d'un coût non prohibitif.

L'ANNEXE II présente une caractérisation principale des risques encourus par l'incinération des huiles usagées.

Raffinage des huiles usagées

Le but du raffinage des huiles usagées est de produire des huiles de base de qualité similaire à celle produites à partir du pétrole.

Bien que la plupart des huiles usagées collectées sont utilisées comme combustible, on doit considérer que le re-raffinage de l'huile usagée est une méthode intéressante de recyclage. Les faits suivants démontrent les avantages du raffinage:

- l'huile usagée a une teneur plus élevée en huile de base et est plus justifiée pour la production de lubrifiants que le pétrole brut.
- 1 tonne d'huile usagée donne 0,6 à 0,8 t d'huile de base pour la production de lubrifiants tandis qu'une tonne de pétrole brut ne donne que 0,2 t d'huile de base;
- le re-raffinage d'huile usagée permet l'utilisation répétée d'huile de base;
- l'huile usagée réduit les dépenses pour devises du fait qu'elle est une matière première indigène;
- si elle est utilisée en tant que combustible, elle provoque la pollution de l'air en raison de sa haute teneur en composés de métaux lourds.

Naturellement, un re-raffinage économique ne peut être réalisé que dans des conditions marginales adéquates. Parmi ces conditions figurent la technologie de re-raffinage, la qualité et la disponibilité des matières premières, la distribution du produit sur le marché et la situation législative.

Le procédé classique de raffinage d'huiles usagées est le procédé "acide-argile" qui comprend essentiellement les étapes suivantes:

- Deshydratation mécanique et thermique
- Traitement à l'acide sulfurique
- Traitement à l'argile décolorante
- Filtration.

Ce procédé a été développé en des versions modernes qui intègrent des processus nouveaux.

Le réduction de la consommation en argile/acide peut être réalisés par un traitement thermique "craquage" sous des conditons douces (température ne dépassant pas 350°C à la pression atmosphérique) ou

par des traitements chimiques p.e. precipitation des ions metalliques par le phosphate-biammoniaque

par evaporation totale:

evaporation des composantes lubrifiantes des huiles usagées sous vide.

Ces nouveaux éléments sont devenus nécessaires en raison de la consommation accrue d'acide sulfurique et d'argile provoquée par le pourcentage plus élevé d'additifs dans les huiles lubrifiantes actuelles. Quelques unités de raffinage furent obligées d'arrêter leur production du fait d'une l'utilisation difficile de l'acide sulfurique en tant qu'agent de raffinage.

Bien que des procedes nouveaux aient été developpés en vue d'éliminer totalement l'utilisation de l'acide sulfurique qui provoque des déchets embarrassants (les goudrons d'acide) toutes les technologies modernes utilisent pratiquement encore l'acide sulfurique et l'argile pour assurer la qualité de leurs produits. Seule l'utilisation du procédé d'hydrogénation rend possible l'élimination de l'acide sulfurique, mais l'hydrogénation n'est pas sans desavantages p.e. la production de paraffines qui augmentent le point de coagulation.

CHAPITRE 6

6. CHOIX DE TECHNOLOGIE ET DE CAPACITE DE L'USINE PROJETEE

6.1 CHOIX DE TECHNOLOGIE

Compte tenu des quantités limitées récupérables d'huiles usagées au Togo (consommation d'huiles lubrifiantes: 4000 m³pa) une version moderne du procédé argile/acide est proposé puisque toutes les autres technologies modernes exigent des quantités plus grandes pour assurer la rentabilité de l'usine de raffinage.

Pour réduire la consommation argile/acide le thermocracking est retenu pour sa simplicité en comparaison du traitement chimique qui provoque des boues de précipitation.

La traitement à haute température dans une unité de thermocracking fonctionnant en continu modifie la structure moléculaire des additifs. La méthode de re-raffinage à acide sulfurique combiné avec le traitement à l'argile peut être employée avec succès et comparée au procédé traditionnel argile/acide. La consommation d'agents chimiques est réduite de 40 -50 %.

Deux autres aspects positifs du thermocracking resident dans la réduction du temps de sédimentation des goudrons acides et dans l'amélioration importante de la filtration. Ainsi, le traitement de l'huile usagée à haute température s'avère être une méthode efficace pour améliorer la rentabilité du procédé argile/acide.

Le traitement argile est réalisé par la distillation à contact chaud qui rend possible la production des huiles de base d'une qualité excellente.

Les qualités des huiles de base ainsi obtenus répondent à tous égards aux exigences de qualité établies pour les huiles de base obtenues à partir du pétrole brut.

6.2 CHOIX DE CAPACITE

Les disponibilités en huiles usagées qui pourraient être collectées au TOGO atteindraient 1.800 tonnes par an. Ce chiffre correspond à un taux de récupération de 45 % (1.800 / 4.000).

Il est entendu que cette quantité récupérée serait le résultat de la mise en place d'un système de collecte efficace soutenu par une législation précise et rigoureuse. Sans pour autant réclamer une participation financière de l'état, on estime que le projet de collecte des huiles usagées ne peut réussir sans une intervention de l'état sous forme de règlements, contrôles et pénalisations.

Aux quantités collectées au TOGO, on peut ajouter le produit de la collecte dans les deux pays voisins: GHANA et BENIN. On estime qu'il est possible de récupérer sans difficulté 350 tonne/an à COTONOU (BENIN) à 140 kms de LOME et 350 tonnes/an à TEMA (GHANA) à 150 kms de LOME. Ces chiffres pourront être confirmés après une brève mission dans ces deux pays.

Le total des récupérations d'huiles usagées dans ces conditions atteindraient 2.500 tonnes/an.

Compte des expérience dans des autres pays (p.e. Kenia), la capacité minimum qui conduit à une production rentable du type "procédé acide/argile" s'élève à 1,5 tonne/heure d'huile usagées (corresp. à 1,67 m³/heure).

Pour traiter les 2.500 tonnes/an les donnée de base suivantes sont proposées:

capacité:	1,5 tonnes/heure
jours de travail:	250 j/an
heures de production:	6,5 h/jour (1,5 h/j par la mise en marche et l'arrêt)
quantité annuelle:	2 437,5 t arronde à 2 500 t/a (corresp. à 2 778 m ³ /an)

6.3 CHOIX DE TYPE DES PRODUITS FINAUX

Tel qu'il ressort au tableau 3-5, le marché des huiles neuves au TOGO se présente aujourd'hui comme suit:

huiles monogrades :	2.793 tonnes/an	71,5 %
huiles multigrades:	<u>1.112 tonnes/an</u>	28,5 %
total	3.905 tonnes/an	

On envisage ainsi pour la future usine une capacité de production de 1.800/1 900 tonnes/an en huiles neuves dont 80 % des huiles monogrades et 20 % des huiles multigrades. Cette capacité serait atteinte avec un fonctionnement en une équipe. L'augmentation de la capacité serait possible en doublant ou triplant les équipes de production.

En conséquence, on projette de pouvoir satisfaire environ 50 % du marché local togolais avec les huiles neuves fabriquées dans la future usine.

CHAPITRE 7

7. CARACTERISTIQUES DU PROCEDE CHOISI

7.1 DESCRIPTION DU PROCEDE ET FLOWSHEET SCHEMATIQUE

L'huile usagée est amenée à l'unité de raffinage au moyen de camions citernes ou de fûts.

Avant d'être versée dans la cuve de réception, l'huile usagée passe par un filtre gros tamis pour éliminer les fibres et les autres impuretés. Ensuite, l'huile usagée est pompée aux cuves de stockage désignées à cet effet.

La première étape du procédé comprend la déshydratation et le craquage de l'huile usagée dans une colonne à deux étages. La déshydratation s'effectue à une température d'env. 160°C sous un vide léger dans la partie supérieure de la colonne, le craquage est réalisé à une température d'env. 330°C également sous un vide léger dans la partie inférieure. La chaleur est fournie par un four tubulaire. L'huile déshydratée circule entre le four tubulaire et la partie inférieure de la colonne par le moyen d'une pompe à circulation.

Cette circulation est d'une grande importance pour l'unité de craquage:

- le système reste libre de dépôts
- de débit élevé entraîne un bon coefficient de transmission de la chaleur
- l'huile usagée n'est pas décomposée.

Une certaine quantité d'huile craquée est prélevée automatiquement du cycle et est transportée à la partie supérieure de la colonne où elle est mélangée avec l'huile usagée. Cette dernière est ainsi rechauffée à 180°C dès son arrivée dans la colonne.

Lorsque la température dans la partie inférieure de la colonne atteint 320°C, une soupape s'ouvre et une partie de l'huile est évacuée. Elle traverse par 2 échangeurs de chaleur et est envoyée aux cuves de stockage correspondantes.

L'eau évaporée avec les hydrocarbures légers (points d'ébullition jusqu'à 160°C à pression normale) se condensent dans le condenseur de l'unité refroidi à l'eau. Les gaz d'échappement de cette unité sont brûlés dans le four tubulaire.

Après la déshydratation et le craquage l'huile est prête pour le traitement acide. L'unité de raffinage à acide sulfurique comprend un réacteur central de mélange avec une pompe-doseuse pour l'huile usagée et une pompe-doseuse pour l'acide sulfurique.

De plus, il est nécessaire de prévoir 4 cuves de décantation, 2 cuves intermédiaires pour l'huile acide, 1 cuve de stockage pour le goudron acide, 1 pompe pour le goudron d'acide et les instruments de commande et de mesure. Après avoir traversé le réacteur, le mélange d'acide et d'huile est entreposée dans 4 cuves de décantation pendant 24 heures environ. Le goudron acide est rincé à la main. Le raffinage de l'acide sulfurique s'effectue à une température d'env. 30 -40°C. Des cuves de décantation l'huile acide est transportée dans les cuves de stockage. Puis, elle est transférée dans une cuve où elle est mélangée avec l'argile décolorante active.

Une pompe à pistons à réglage continu transporte le mélange d'huile et d'argile à un évaporateur. Cet évaporateur est chauffé par l'huile de transfert. Cette partie de l'installation est nommée "unité de distillation par contact à chaud". Les composants volatils de l'huile usagée passent sous forme de vapeur dans la colonne adjacente pour huile de broche et de là au condenseur où la vapeur est condensée. Les gaz d'échappement de l'unité sont brûlés dans l'appareil de surchauffage de vapeur.

En moyenne, la consommation d'argile décolorante ne dépasse pas 4,5 % de la masse d'huile acide.

L'huile ainsi obtenue est caractérisée par une résistance particulière au vieillissement et une forte stabilité de couleur. L'huile minérale produite est généralement résistante aux émulsions. La viscosité de l'huile de base peut être ajustée en continu de 100 à 600 SUS/100°F. Ces viscosités ajustables

dépendent naturellement des points d'ébullition de l'huile usagée utilisée. Les chiffres de viscosité indiqués s'inspirent des valeurs obtenues dans les unités du genre en Europe.

L'huile de broche a une qualité excellente; pour la production de l'huile de broche nous utilisons une colonne équipée des fonds à cloches. La colonne fonctionne avec un reflux relativement élevé. L'eau de refroidissement de l'unité est obtenue par l'intermédiaire d'une tour de refroidissement.

Afin d'éviter la corrosion dans les tubes du condenseur, une certaine quantité d'eau ammoniacale est injectée en amont du condenseur. Un agent inhibiteur de corrosion peut être ajouté. Toutes les parties soumises à la corrosion sont réalisées en acier inoxydable.

L'huile minérale qui contient toujours de l'argile décolorante passe en continu de la chaudière "flash" aux 2 filtre-presses en traversant un échangeur de chaleur refroidi à l'eau.

L'unité de distillation par contact à chaud opère sous un vide d'env. 107 - 200 mbar. Le vide est produit par une pompe à jet de vapeur fonctionnant sur deux stages.

La vapeur surchauffée est soufflée à l'évaporateur et à la colonne de production d'huile de broche pour ramener la pression partielle d'huile à l'intérieur de l'unité aux environs de 107 mbar.

Du fait que l'unité est chauffée par l'huile de transfert de chaleur, le craquage de l'huile est impossible. Pour cette raison, la consommation d'argile décolorante est nettement inférieure à celle des autres systèmes actuellement connus.

Toutes les huiles minérales qui proviennent de l'unité de distillation par contact à chaud sont filtrées dans une unité de filtration. Ensuite, les huiles filtrées sont pompées dans les cuves de stockage respectives.

Des cuves de stockage l'huile de base est pompée vers la station de mélange et de remplissage. Dans cette station les produits finis sont obtenus en mélangeant l'huile de base avec les additifs selon des formules appropriées.

7.2 TRAITEMENT DES DECHETS DE RE-RAFFINAGE DU PROCÉDE CHOISI

Sans doute, les déchets de re-raffinage sont des sources possibles de pollution pour l'environnement, s'ils ne sont pas traités d'une manière appropriée.

Il s'agit du goudron acide, de l'argile usée, des eaux résiduelles et des gaz d'échappement contenant des hydrocarbures non-condensables et du SO₂.

Les caractéristiques du goudron acide et de l'argile usagée sont présentées au tableau 7-1.

Tableau 7-1: Quantités spécifiques et composition des principaux déchets d'une unité de re-raffinage selon le procédé acide/argile avec traitement thermique préalable

Goudron acide

env. 133 kg/t d'huile usagée

Densité	:	1200 - 1400 kg/m ³
Viscosité	:	500.000 SSU/100°F
Valeur calorifique	:	15 - 20 MJ/kg
Acide sulphurique	:	30 - 40 % de masse
Cendres	:	3 - 6 % de masse
Soufre	:	12 - 17 % de masse
Matières combustibles	:	40 - 50 % de masse
Eau	:	10 - 15 % de masse

Argile active usagée

env. 56 kg/t d'huile usagée

Valeur calorifique	:	14,5 - 17,3 MJ/kg
Densité	:	1000 kg/m ³
Eau	:	3 % de masse
Hydrocarbures	:	30,1 % de masse
Hydrogène	:	4,7 % de masse
Soufre	:	1,2 % de masse
Oxygène	:	2,0 % de masse
Cendres	:	59 % de masse

Une méthode économique de traitement des goudrons acides et des argiles usagées qui est retenue pour le projet Togolais consiste à mélanger ces déchets avec de la chaux vive en vue de les neutraliser complètement. Le produit obtenu après neutralisation peut être entreposés sans problème sur les sites de décharges d'ordures ménagères.

Les gaz d'échappement (env. 20 Nm³/t d'huile usagée) qui proviennent de plusieurs sources causent des incommodations d'odeur par leur contenu en SO₂, H₂S et en mercaptanes.

On propose d'incinérer ces gaz dans la chaudière en vue de les décomposer. Les odeurs seront ainsi supprimées de manière sûre.

En outre, l'incinération des gaz d'échappement permet d'économiser le gasoil nécessaire au procédé sur le plan de l'énergie.

Etant donné que les eaux résiduaires sont fortement polluées on propose de purifier celles ci par passage dans un séparateur d'huile et un filtre à charbon actif.

7.3 BILAN DE MATIERES

Le bilan de matières indiqué ci-dessous dépend naturellement de la composition des huiles usagées et, en conséquence, peut varier en certaines limites. Ce bilan a été dressé à la suite d'expériences faites dans des unités de re-raffinage en Afrique.

A	Huile usagée	2 500	t/a	
	Sédiments + eau (7 % de A)	175	t/a	Déshydratation
B	Huile usagée sans eau et sédiments	2 325	t/a	
	Consommation d'acide sulfurique (8 % de B)	186	t/a	Raffinage à acide sulfurique
C	Huile acide (90 % de B)	2 092,5	t/a	
	Consommation d'argile (5 % de C)	104,6	t/a	Distillation à contact chaud
D	Quantité des produits (83 % de B)	1 929,75	t/a	
E	Produits finis			
	Huile de base (80 % de D)	1 543,8	t/a	
	Huile de broche (8 % de D)	154,38	t/a	
	Gas-oil (12 % de D)	231,57	t/a	

7.4 DONNEES DE PROCEDE

- capacité: 1 500 kg/h d'huile usagée
- temps de travail: l'installation peut être opérée en trois équipes
- temps nécessaire pour le démarrage et l'arrêt de l'installation: 1,5 heures
- taux de récupération sur la base d'huile déshydratée: 83 % de masse
- produits finis:
 - 66,4 % de masse huile de base
 - 6,6 % de masse huile de broche
 - 10,0 % de masse gas-oil
 - 83 % de masse en total
- chiffre de consommation (1 tonne d'huile usagée)
 - o Energie
 - consommation d'énergie électrique: 100 kW
 - consommation de gasoil: 133 kg
 - consommation d'eau: (pour prod. vapeur) 2,67 m³
 - consommation de vapeur: 0,3 t
 - o Matières consommables
 - acide sulfurique (96 - 98 %) 77 kg
 - argile active décolorante (p.e. TONSIL de SUDCHEMIE) 43 kg
 - chaux vive 3 kg + 80 kg
 - ammoniac, 23 %, solution aqueuse 8 kg
 - papier-filtre 51 m²/équipe
 - o Déchets de fabrication
 - eau polluée: env. 220 kg
 - gaz usés: env. 20 Nm³
 - goudron d'acide: env. 133 kg
 - argile active oléagineuse env. 56 kg

A toutes ces spécifications une tolérance de $\pm 7,5$ % de la valeur nominale doit être appliquée. Ces chiffres peuvent varier en fonction de la qualité et l'origine de l'huile usagée.

7.5 MATIERES PREMIERES

L'unité de re-raffinage d'huile usagée peut, à titre d'exemple, traiter les huiles usagées suivantes:

- huile provenant de véhicules (moteur et engrenage)
- huile provenant de transformateurs (seulement huiles minérales)
- huile industrielle (à l'exception d'huile de trempe et de mélanges de graisse et d'huile)
- huile de cale (de bateaux)
- huile provenant des moteurs diesel des chemins de fer

Dans tous les cas, l'huile usagée doit répondre à certaines exigences. Afin de déterminer si l'huile usagée peut être traitée suivant le procédé, des tests doivent être effectués. Le procédé pour les tests et la description des appareils de laboratoire requis doivent être donnés par le fournisseur de l'usine.

7.6 PRODUITS

Des données typiques des produits raffinés sont présentées dans le tableau 7-1.

Les huiles neutres (120 = huile de broche, 400, 500) sont mélangées avec les additifs selon les formules de l'entreprise qui participe au projet. A titre indicatif les proportions suivantes d'huiles de base et d'additifs sont proposés:

- o Huiles monogrades:
30 kg d'additif composé par tonne d'huile de base.

- o Huiles multigrades:
90 kg add. composé par tonne d'huile de base + d'huile de broche
+
130 kg améliorant de viscosité par tonne d'huile de base + d'huile de broche.

Pour les deux types d'huile on propose la répartition des différents conditionnements comme suit:

- 80 % en fût à 208 litres et
- 20 % en bidons à 4 litres.

L'analyse financière dans le chapitre 8 est élaborée sur la bases des ces hypothèses.

Tableau 7-1: Données typique des produits raffinés

	viscosité cSt/50°C	indice viscosité	densité 15°C	point d'in flammabilité C.O.C. °C	point de coagulation °C	couleur ASTM	no.acide mg KOH/g%	oxyd cendres en poids
400 huile neutre	46,6		0,884	230	- 12	3	0,05	0,0008
500 huile neutre	60,4	95	0,889	240	- 12	4	0,05	0,008
120 huile neutre	15,7	95	0,873	200		2	0,01	0,0008
	18,5	98	0,876	210	- 10	2,5	0,03	0,003
gas-oil (combustibe)	cSt/20°C		0,845	55 PM	- 28	2	0,3	0,0006
	4,5		0,850	65 PM			0,7	
	VOL %	I.B.P.	35	95	98			
limité d'ébul- lition	°C	150	250	350	360			

7.7 BESOINS EN PERSONNEL

Les besoins en personnel de l'usine pour en poste de 8 h par jour se présentent comme suit:

Fonction	Nombre	Groupe de classification générale de la convention collective du TOGO
Directeur Général (Chef de vente)	1	4
Chef comptable	1	3
Sécretaire de Direction	1	1
Employé pour les ventes	1	1
Dactylo	1	1
Chauffeur	1	1
<u>Production</u>		
Chef de production	1	4
Technicien chimiste - spécialiste	1	3
Technicien supérieur chimiste	1	2
Chef d'équipe	1	1
Ouvriers pour les postes		
o Deshydratation, craquage et distillation	2	2
o Traitement à l'acide	1	2
o Filtration	2	2
Magasinier (stockage des produits)	1	2
Manutentionnaire sur chariot élévateur	1	1
Ouvriers non-qualifiés pour le procédé	4	1
Ouvriers non-qualifiés pour la réception des huiles usagées	2	1
Spécialistes de mélange et de remplissage	5	2

7.8 LISTE D'EQUIPEMENT ET ESTIMATION DU COUT D'INVESTISSEMENT

L'unité de re-raffinage projetée au Togo comprend les équipements suivants:

- Réception et stockage des huiles usagées:
 - 2 cuves de 15 m³ pour la réception
 - 4 cuves de stockage de 50 m³

- Déshydratation et craquage:
 - 1 colonne de déshydratation et de craquage
Hauteur: env. 15 m
Diamètre: env. 1 m
 - 1 Echangeur de chaleur pour les huiles usagées
Superficie: env. 7 m²
 - 1 Refroidisseur pour les huiles deshydratées et craquées
 - 1 Condenseur superficie: env. 18 m²
 - 4 Cuves de stockage de 50 m³ pour les huiles deshydratée et craquées
 - 1 four tubulaire
superficie: 25 m²

- Traitement à l'acide sulphurique
 - 1 reacteur pour le melange des huiles deshydratées et craquées avec l'acide sulphurique
 - 4 cuves de décantation (15 m³)
 - 1 cuve pour le goudron acide (4 m³)
 - 4 cuves de stockage pour les huiles acides (50 m³)

- Distillation par contact à chaud
 - 2 cuves de 8 m³ pour le mélange des huiles acides avec l'argile active
 - 1 échangeur de chaleur pour les huiles acides
superficie: env. 8 m²
 - 1 évaporateur avec colonne de séparation de l'huile de broche et du gasoil
superficie d'évaporation: env. 60 m²
nombre de fonds à cloches de la colonne: 8

- Filtration
 - 2 cuves de mélange de 6 m³
pour l'huile de base contenant de l'argile active
 - 2 filtre-presses

- Stockage des produits
 - 2 cuves de 50 m³ pour les huiles de base
 - 2 cuves de 20 m³ pour les huiles de broche
 - 2 cuves de 20 m³ pour le gasoil

- Equipement auxiliaire
 - 1 chaudière pour l'huile de transfert de la chaleur
 - 1 chaudière pour la production de vapeur
 - 1 surchauffeur de vapeur

- Traitement du goudron d'acide, de l'argile active usagée et des eaux résiduaires
 - appareil pour mélanger le goudron acide, l'argile active usagée avec de la chaux vive
 - filtre de charbon actif pour le traitement des eaux résiduaires

- Mélange et remplissage des huiles lubrifiantes
 - 2 cuves de 6 m³ pour le mélange
 - 2 cuves de 45 m³ pour le stockage des produits finis
 - 1 ligne complète de remplissage de bidons
 - 1 ligne complète de remplissage des fûts

Prix à titre indicatif

	million S.A.	million FCFA
Bâtiment et infrastructure	24,8	533,3
Machinerie et équipement technologie avec supervision du montage	29,0	623,7
Cuves	9,0	193,5
Montage (54 000 h)	4,8	103,2
Totaux	67,6	1 453,7

Cours: 100 FCFA = 4,65 S.A.

Travaux de montage

45 hommes, 6 mois à 200 h = 54 000 heures

	heures	FCFA/h	FCFA totaux	S.A.
1 contre maître	1 200	3 200	3 840 000	
4 chefs d'équipe	4 800	2 800	13 440 000	
10 serruriers mécanicien	12 000	2 000	24 000 000	
5 serruriers	6 000	2 000	12 000 000	
10 soudeurs	12 000	2 000	24 000 000	
15 ouvriers non qualifié	18 000	1 500	27 000 000	
Totaux 45	54 000		104 280 000	4 849 020

Cours: 100 FCFA = 4,65 S.A.

Génie civil

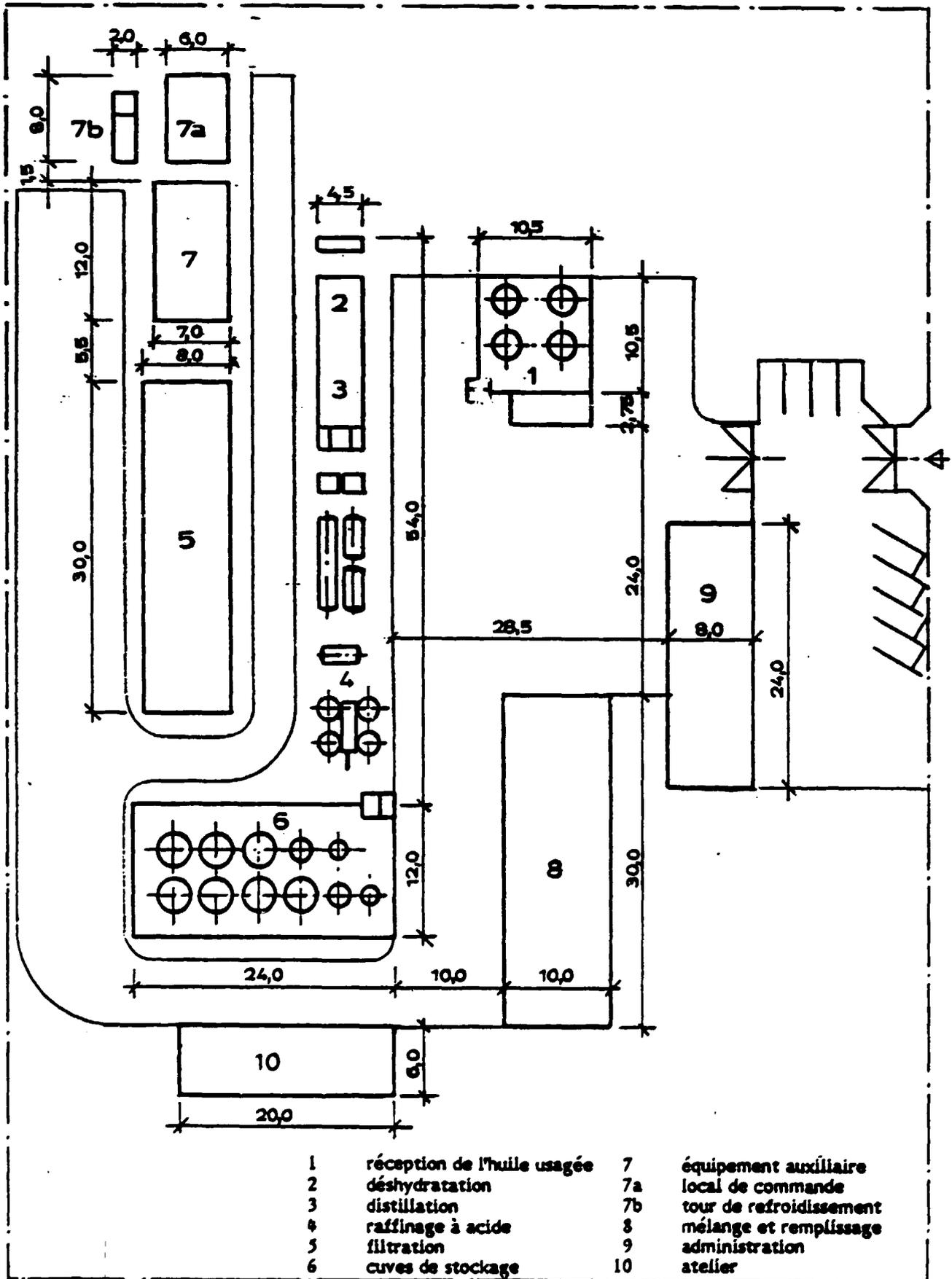
Les superficies/dimensions des bâtiments sont présentées dans la liste suivante:

1	Réception et stockage de l'huile usagée		12 x 12 m = 144 m ²
2,3,4	Zone du procédé (deshydratation, distillation, raffinage à acide)		54 x 14 m = 756 m ²
5	Bâtiment de filtration (2 étages)		30 x 8 m = 240 m ²
6	Cuves de stockage		24 x 12 m = 288 m ²
7	Equipement auxiliaire, halle de chaudière	H = 4 m	12 x 7 m = 85 m ²
7a	Local de commande	H = 3 m	8 x 6 m = 48 m ²
7b	Tour de refroidissement		6 x 2 m = 12 m ²
8	Bâtiment industriel, mélange et remplissage	H = 8 m	30 x 10 = 300 m ²
9	Bâtiment d'Administration et Labo	H = 4 m	24 x 8 m = 192 m ²
10	Atelier mécanique et dépôt de pièces de rechange		20 x 6 m = 120 m ²
Terrain		1 ha	10 000 m²
dont route et voies accès			2 50 m ²

7.9 PLAN D'ENSEMBLE

Graphique 7-2 présente le plan d'ensemble de l'unité de raffinage d'huiles usagées.

Graphique 7-2: Plan d'ensemble de l'unité de raffinage d'huiles usagées



- | | | | |
|---|-----------------------------|----|-------------------------|
| 1 | récéption de l'huile usagée | 7 | équipement auxiliaire |
| 2 | déshydratation | 7a | local de commande |
| 3 | distillation | 7b | tour de refroidissement |
| 4 | raffinage à acide | 8 | mélange et remplissage |
| 5 | filtration | 9 | administration |
| 6 | cuves de stockage | 10 | atelier |

CHAPITRE 8

TABLE DES MATIERES

<u>ETUDE FINANCIERE</u>	<u>page</u>
SYNTHESE DES RESULTATS DE L'ETUDE	-69-
CARACTERISTIQUES DU PROJET	-70-
DONNEES COMMERCIALES SUR LE PROJET	-71-
CALENDRIER DE REALISATION DU PROJET	-72-
PRESENTATION DE L'HYPOTHESE DE BASE	-73-
FRAIS DE PREMIER ETABLISSEMENT	-74-
RECAPITULATION DES INVESTISSEMENTS FIXES	-76-
EXECUTION DES TRAVAUX	-77-
CALCUL DES AMORTISSEMENTS (année 1 à 4)	-79-
FRAIS DE PERSONNEL	-80-
PRESENTATION DE LA PRODUCTION ET DES CONDITIONNEMENTS	-82-
EVALUATION DES COUTS DE PRODUCTION	-85-
RECAPITULATION DES COUTS DE PRODUCTION	-88-
PRESENTATION DES COUTS D'EXPLOITATION ANNEE PAR ANNEE	-89-
CALCUL DES FONDS DE ROULEMENT	-90-
ETUDE DU PRIX DE VENTE DES PRODUITS FINIS	-91-
CALCUL DU CHIFFRE D'AFFAIRES	-92-
PLAN DE FINANCEMENT	-93-
CALCUL DES FRAIS FINANCIERS	-94-
TABLEAU DES INVESTISSEMENTS ET RENOUVELLEMENTS	-95-
TABLEAU DES AMORTISSEMENTS	-96-
ETAT DES RECETTES NETTES	-97-
TABLEAU DES CASH FLOW (sans financement extérieur) CALCUL DU T R I	-100-
TABLEAU DES CASH FLOW (avec financement extérieur), CALCUL DU T R I	-99-
TABLEAU DE TRESORERIE PREVISIONNELLE POUR LA PLANIFICATION FINANCIERE	-102-
TABLEAU DES BILANS PREVISIONNELS	-103-
TABLEAU DES BILANS PREVISIONNELS	-104-
STRUCTURE DU PRIX DE REVIENT DES PRODUITS FINIS	-105-

ETUDE DE SENSIBILITE : augmentation globale du coût de l'investissement + 5 %. Tableau des cash flow, calcul du T R I	-106-
ETUDE DE SENSIBILITE : augmentation globale du coût de l'investissement + 10 % Tableau des cash flow, calcul du T R I	-108-
ETUDE DE SENSIBILITE : augmentation du coût de la matière première locale (huile usagée) + 20 %. TABLEAU DES COUTS D'EXPLOITATION	-109-
ETUDE DE SENSIBILITE : augmentation du coût de la matière première locale (huile usagée) + 20 %. TABLEAU DES CASH FLOW, CALCUL DU T R I	-110-
ETUDE DE SENSIBILITE : augmentation du coût des matières premières importées + 7,5 % A. COUT D'EXPLOITATION	-111-
B. CALCUL DU T R I	
PRESENTATION D'UNE VARIANTE DE FINANCEMENT PLAN DE FINANCEMENT	-114-
VARIANTE DE FINANCEMENT ; calcul du service de la dette, année par année	-116-
VARIANTE DE FINANCEMENT ; tableau des cash flow, calcul du T R I	-117-
ETUDE DU SEUIL DE RENTABILITE détermination algébrique	-118-
DETERMINATION GRAPHIQUE DU SEUIL DE RENTABILITE	-119-
CALCUL DU TEMPS DE RECUPERATION DES CAPITAUX INVESTIS	-121-
ANALYSE ECONOMIQUE ; calcul des dépenses d'investissement en devises	-122-
TABLEAU DE L'ECONOMIE DE DEVICES DUE AU PROJET - Calcul du flux net de devises	-124-

I - SYNTHESE DES RESULTATS DE L'ETUDE

A : TAUX DE RENTABILITE INTERNE (TRI)

1- Hypothèse de base :

capitaux propres : 35,1 %
emprunts : 64,9 %
(taux 15 % et 12 %)

TRI/investissement : 14,4 %
TRI/capital : 16,0 %

2- Etude de sensibilité :

2.1- investissement : + 5 %
TRI/investissement : 13,6 %

2.2- investissement : + 10 %
TRI/investissement : 12,5 %

2.3- matière première locale :
prix d'achat huile usagée :
+ 20 %
TRI/investissement : 13,0 %

2.4- matières premières importées :
+ 7,5 %
TRI/investissement : 13,5 %

2.5- recettes : + 5 %
TRI/capital : 21,0 %

3- Variante de financement :

capitaux propres : 25,7 %
emprunts : 74,3 %
(taux 12 et 10 %)

TRI/capital : 19,1 %

B : AUTRES RATIOS

1. seuil de rentabilité : 64,8 %

2. temps de récupération des capitaux investis : 7 ans

.../...

II - CARACTERISTIQUES DU PROJET

1- Programme de fonctionnement de l'usine :

Nous avons considéré que l'usine fonctionnerait sur la base de 1,5 tonne par heure d'huile usagée traitée, 6 heures par jour, 280 jours par an.

La capacité nominale de l'usine serait ainsi égale à 2 500 tonnes par an d'huile usagée traitée.

Le temps réel de travail serait de 8 heures par jour compte tenu des temps de mise en route et d'arrêt du matériel de production (chauffage).

2- Exonérations dont bénéficiera le projet :

Suivant le régime A^{1/} du code des Investissements Togolais :

a)- L'équipement de base^{2/} est exonéré de toute taxe douanière.

b)- Les pièces détachées^{3/} sont exonérées pendant 5 ans.

c)- Les matières premières subissent une taxation progressive :

- année 1 à 3 : exonération totale
- année 4 : taxation 25 % du taux de base
- année 5 : taxation 50 % du taux de base
- année 6 : taxation 75 % du taux de base
- année 7 : taxation 100 % du taux de base

d)- Le taux de base d'imposition des matières premières "produits chimiques" nécessaires à l'usine est de 20 % sur le prix CAF (CIF).

e)- Le taux d'imposition sur les bénéfices des sociétés est de 40 %.^{4/}
L'exonération est totale pendant les deux premières années.

1/ Le régime A du Code des Investissements Togolais concerne les entreprises industrielles représentant un investissement inférieur à 3 milliards FCFA.

2/ L'équipement de base comprend l'ensemble de l'installation dans sa phase initiale.

3/ Les pièces détachées concernent les éléments de remplacement ou de complément à l'équipement initial.

4/ On consultera à cet effet le tableau XXII, page 98.

.../...

III DONNEES COMMERCIALES SUR LE PROJET

1- Achat de matière première locale rendu à l'usine de régénération :

L'huile usagée, matière première locale pour l'usine, sera achetée 50 F CFA/kg soit 45 F CFA/litre rendu usine.

On a étudié le cas où l'huile usagée serait achetée 60 F CFA/kg soit 54 F CFA/litre rendu usine.

2- Organisation de la collecte d'huile usagée :

On prévoit que l'huile usagée sera collectée par un ou deux camions citernes, équipés de pompes, n'appartenant pas à l'entreprise de régénération. Le coût de la collecte a été calculé par une entreprise de transport en juin 1986. Ce coût est estimé à 25 F CFA/litre d'huile usagée collectée. Ce coût pourra être abaissé à 20 F CFA/litre dans le cas d'une organisation optimum du circuit de collecte.

On prévoit que l'huile usagée sera achetée par le camion citerne 20 à 25 FCFA/litre aux centres de collecte. Une variante d'achat de l'huile usagée aux centres de collectes a été étudiée. Cette variante situe l'achat de l'huile usagée par le camion citerne aux centres de collecte entre 29 et 34 FCFA/litre.

3- Prix de vente des produits finis :

Le prix de vente des huiles neuves a été calculé à partir des prix actuels du marché.

On a pris en considération pour le prix de vente un prix moyen d'huile actuellement commercialisée.

Sur ce prix, on a introduit une réduction de 10 % pour permettre à l'usine de régénération d'être suffisamment compétitive sur le marché. 1/

4- Conditionnement des produits finis :

Les huiles neuves seront vendues en fûts de 208 litres et en bidons de 4 litres. Les fûts seront en partie obtenus par reconditionnement d'anciens fûts. Les bidons de 4 litres (plastique) seront fabriqués sur place dans une usine locale au prix de 200 F CFA/unité. Le prix des fûts de 208 litres d'occasion sur le marché est de 3 000 F CFA l'unité. On a considéré pour l'étude, un prix moyen de 5 000 F CFA pour un fût neuf et pour un fût reconditionné.

1/ On consultera à cet effet le tableau du paragraphe 3, chapitre XVI, page 9f.

IV CALEN'RIER DE REALISATION DU PROJET

- Novembre 86 : phase préparatoire :
- mise en place du système de collecte
 - collecte des huiles usagées
 - vente des huiles usagées comme combustible
 - test du dispositif de collecte
 - exécution d'études complémentaires
-
- Avril 87 : - analyse des résultats de la collecte
- études approfondies
 - décision d'investissement
-
- Juin 87 : - lancement d'un appel d'offre
-
- Juillet 87 : - négociation avec les banques
- mobilisation du premier prêt
 - début des travaux de génie civil
 - commande des équipements
-
- Décembre 87 : - poursuite des travaux de génie civil
- commencement des travaux de montage des cuves
-
- Mars 88 : - réception des équipements de production
- commencement des travaux de montage du matériel de production
-
- Décembre 88 : - fin des travaux de montage
- réception de l'usine
-
- Janvier 89 : - Mise en route de l'usine
- année - 1
- année 0
- année 1

V PRESENTATION DE L'HYPOTHESE DE BASE

1- <u>Coût matière première locale :</u>		
huile usagée rendue à l'usine	45 F CFA/litre	<u>1/</u>
2- <u>Investissement fixe :</u>	1 826,8 millions F CFA	
3- <u>Besoin de financement :</u>	2 004,0 millions F CFA	
4- <u>Plan de financement :</u>		
A. capital social	704 millions F CFA	
B. prêt à 15 % durée 10 ans 2,5 ans de différé	600 millions F CFA	
C. prêt à 12 % durée 8 ans 2 ans de différé	700 millions F CFA	
D. TOTAL	2 004 millions F CFA	
5- <u>Capacité nominale (1 poste) :</u>		
huile monograde	1 500 tonnes/an	
huile multigrade	377 tonnes/an	
6- <u>Calendrier de production :</u>		
année 1	70 % capacité nominale	
année 2	80 % capacité nominale	
année 3	100 % capacité nominale	
7- <u>Chiffre d'affaire, 3e année de production (100 % capacité) :</u>	1 263,4 millions F CFA	

1/ Ce prix de matière première locale (huile usagée) est une estimation du prix de l'huile usagée collectée. Ce prix prend en compte une rémunération du centre de collecte (20 à 25 FCFA/litre) et le coût du transport (20 à 25 FCFA/litre).

VI FRAIS DE PREMIER ETABLISSEMENT

1. On prévoit des études pour élaborer le coût définitif des investissements. Il y a lieu en particulier de dresser les plans définitifs de l'usine: plans du bâtiment et disposition du matériel. Les caractéristiques techniques de l'ensemble devront être définies avec précision après des discussions avec les fournisseurs de matériel:

- . caractéristiques du bâtiment
- . caractéristiques du matériel de production
- . caractéristiques des cuves de stockage.

Il y aura probablement lieu d'exécuter certaines études de sol pour les fondations (matériel et c.). On prévoit d'exécuter une nouvelle étude de faisabilité sur la base des nouvelles données recueillies.

2. On prévoit de former à l'étranger le technicien supérieur togolais pour le spécialiser dans les analyses chimiques des huiles usagées et huiles neuves ainsi que dans le processus de régénération. On prévoit de former également à l'étranger un chef d'équipe.

Le coût prévisionnel de cette formation a été évalué à 10 millions FCFA et comprendrait:

- . sélection des candidats
- . stages en Europe: 6 mois
- . participation au montage et à la mise en route des installations : 12 mois
- . visites d'installations similaires en Europe et Afrique: 3 mois.

3. Les frais de création de société comprennent:

- . l'inscription de l'entreprise au registre des métiers
- . les frais de publicité et d'annonce légale
- . la rédaction des statuts de la société
- . les actes notariés
- . les frais de convocation des actionnaires et d'assemblée générale.

Ces frais sont estimés dans l'ensemble à 10.000,-- FCFA.

4. On prévoit qu'il s'écoulera 18 mois entre la mobilisation du premier prêt et la mise en route de la production. Cela signifie que pendant cette période des intérêts vont courir. Ces intérêts appelés intérêts intercalaires sont présentes dans le tableau XIX.

VI FRAIS DE PREMIER ETABLISSEMENT

Frais de premier établissement	: milliers de F CFA
1- Etudes complémentaires	20 000
2- Formation du personnel "cadres"	10 000
3- Création de société	10 000
4 Intérêts intercalaires (milliers F CFA	219 000
a)- prêt 700 000 000 F CFA, taux 12 % déblocage année 0	
montant des intérêts (1 an) : 84 000	
b)- prêt 600 000 000 F CFA, taux 15 % déblocage année - 1	
montant des intérêts (1,5 an) : 135 000	
<hr/>	
Total frais de premier établissement	259 000
<hr/>	

VII RECAPITULATION DES INVESTISSEMENTS FIXES

	millions F CFA	% en devises
1- Frais de premier établissement	259	20
2- Bâtiment, infrastructure et viabilisation	533,3	10
3- Equipement de production et équipement auxiliaire y compris engineering et supervision du montage	623,7	100
4- Equipement de stockage (cuves)	204,5	50
5- Montage	104,3	50
6- Véhicules	15	100
7- Imprévus (5 % de l'ensemble)	87	50
T O T A L	1 826,80	

VIII EXECUTION DES TRAVAUX

Calendrier de réalisation des investissements

La première année de réalisation des travaux (6 mois effectifs) concerne les frais de premier établissement (100 %), la construction du bâtiment (100 %), l'équipement de stockage (100 %), les équipements de production et le montage (33 %).

La seconde année de réalisation des travaux concerne essentiellement les équipements de production 66 %, le montage 66 %, les véhicules (100 %) et le fonds de roulement (100 %).

L'ensemble des différentes phases de l'investissement est présenté dans le tableau qui suit.

Au chapitre XVIII on présente le calendrier de mobilisation des ressources correspondant au calendrier de réalisation des investissements. En première année de réalisation (année-1) on apporte les fonds propres (capital social) et le montant du prêt A (600 millions FCFA) est libéré. En deuxième année de réalisation (année 0) le montant du prêt B (1700 millions FCFA) est libéré.

On a prévu 10 % d'imprévis sur les investissements fixes. Le fonds de roulement présenté au bas du tableau VIII est calculé au tableau XV. Le fonds de roulement est mis en place dès la deuxième année de réalisation.

VIII EXECUTION DES TRAVAUXCalendrier de réalisation des investissements

millions F CFA

	année - 1		année 0		Total
	%	montant	%	montant	
Premier établissement	100	259	0	0	259
Bâtiment	100	533,3	0	0	533,3
Equipement de stockage	100	204,5	0	0	204,5
Equipement de production	33,33	207,9	66,66	415,8	623,7
Montage	33,33	34,8	66,66	69,54	104,3
Véhicules ^{1/}	0		100	15	15
Imprévus sur investissements fixes	50	43,5	50	43,5	87
Fonds de roulement	0	0	100	130,7	130,7
		1 283		674,5	1 957,5

1/ On prévoit 3 véhicules:

- 1 camionnette pour les approvisionnements et livraisons : 7.000.000 FCFA
- 2 voitures légères de service : 8.000.000 FCFA les deux

IX

AMORTISSEMENTS

(année 1 à 4)

Rubriques	Investissements millions F CFA	durée de vie (ans)	taux (%) d'amortissement	montant de l'amortissement millions F CFA
1- Frais de premier établissement	259	5	20 %	51,8
2- Bâtiment, infrastruc- tures et viabilisa- tion	533,3	20	5 %	26,66
3- Equipement de produc- tion et équipement auxi- liaire y compris frais d'engineering et super- vision du montage	623,7	10	10 %	62,37
4- Equipement de stocka- ge à l'usine (cuves)	193,5	15	6,66 %	12,9
5- Equipement de stocka- ge aux centres de col- lecte (cuves et fûts)	11	10	10 %	1,1
6- Montage des instal- lations	104,3	10	10 %	10,43
7- Véhicules : 1 camion- nette et 2 voitures de service	15	3	33,33 %	5
8- Imprévus : 5 % de l'ensemble (postes 1 à 7)	87	10	10 %	8,7
TOTAL	1 826,8			178,96

X FRAIS DE PERSONNEL

MILLIERS F CFA

A. SALAIRES

Poste	Coût mensuel/personne	Nombre	Coût annuel total	Frais de résidence/an expatriés	Coût total annuel
1- Administratif					
Directeur Général	2 000	1	24 000	8 100	32 100
Chef comptable	80	1	960		960
Secrétaire de Direction	70	1	840		840
Employé pour les ventes	60	1	720		720
Dactylo	50	1	600		600
Chauffeur	35	1	420		420
Total administration					35 640
2- Production					
- Chef de production	2 000	1	24 000	5 300	29 300
- Technicien chimiste spécialiste	1 500	1	18 000	5 100	23 100
- Technicien supérieur chimiste	90	1	1 080		1 080
- Chef d'équipe	70	1	840		840
- Ouvriers qualifiés					
Poste deshydratation	57	1	684		684
Poste craquage et distillation	57	1	684		684
Poste traitement acide	57	1	684		684
Poste filtration	57	2	1 368		1 368
Poste mélange et remplissage	57	5	3 420		3 420
- Magasinier	50	1	600		600
- Manutentionnaire sur chariot élévateur	35	1	420		420
- Ouvriers non qualifiés					
(a)	30	4	1 440		1 440
(b)	25	2	600		600
Total production					64 220
3- TOTAL SALAIRES et indemnités (frais de résidence)					99 360
B. CHARGES SOCIALES					
18,10 % de A					18 075
C. GRAND TOTAL (salaires + charges)					117 934

D. Evaluation des différentes charges sur le personnel :

MILLIERS DE FCFA

1/ Expatriés :

	Directeur Général	Chef de production	Technicien chimiste
a) frais de résidence			
- 3 voyages Lomé-Europe A.R.	1 500	1 500	1 500
- location maison meublée, eau, électricité	3 600	2 000	1 900
- indemnité d'expatriation	3 000	1 800	1 700
TOTAL	8 100	5 300	5 100

b) assurance maladie, soins médicaux, retraite
allocation familiales
estimation 18,1 % sur salaires bruts et
frais de résidence

2/ Locaux :

Securité sociale et divers
Taux officiel au TOGO : 18,1 % sur salaires bruts.

XI PRODUCTION

I. Présentation des rendements et consommations pour l'établissement
des coûts de production :

	tonnes/an
A- huiles usagée sédiments + eau = 7 %	2 500 175
B- huile usagée sans eau, sans sédiment consommation de H ₂ SO ₄ : 8 % de B	2 325 186
C- huile sans goudron : 90 % de B argile pour la décoloration : 5 % de C	2 092,5 106,4
D- produits finis obtenus par le procédé de régénération : 83 % de B	1 929,75
E- Répartition des produits finis :	
huile de base : 80 % de D	1 543,80
huile de broche : 8 % de D	154,38
Gas Oil : 12 % de D	<u>231,57</u>
Total	1 929,75

2. Formulation des huiles lubrifiantes:

tonnes/an

A- huiles monogrades

huile de base	1 389,42
additif a 80 kg/t huile de base	<u>111,50</u>
Total	1 500,57

B- huiles multigrades

huile de base	154,38
huile de broche	154,38
additif a 90 kg/t huile de base + huile de broche	27,79
additif b (améliorant de viscosité) 130 kg/t huile de base + huile de broche	<u>40,14</u>
Total	376,69

3. Récapitulation des productions :

tonnes/an

huiles monogrades (80 %)	1 500,57
huiles multigrades (20 %)	376,69
TOTAL	<u>1 877,26</u>

4. Présentation des conditionnements :

quantité/an

A- huiles monogrades

80 % en fûts de 208 litres 6 412 fûts
(1 333 840 litres)

20 % en bidons de 4 litres 83 365 bidons
(333 460 litres)

B- huiles multigrades

80 % en fûts de 208 litres 609 fûts
(334 835 litres)

20 % en bidons de 4 litres 27 bidons
(83 708 litres)

XII EVALUATION DES COUTS DE PRODUCTION

Production : 1 877 tonnes d'huile dont :
 1 500 tonnes d'huile monograde
 377 tonnes d'huile multigrade

1- Matières premières	Prix unitaire F CFA/kg	quantité tonnes/an	Prix total/an milliers FCFA
	rendu usine		
A. matières premières locales huile usagée brute (inclus 7 % eau et sédiment)	50	2 500	125 000
B. matières premières importées	CAF LUME		
1) acide sulfurique 7,5 % de A	104	187,5	19 500
2) argile décolorante 4,2 % de A	237,8	105	24 969
3) chaux vive 8 % de A	117	200	23 400
4) ammoniacque 0,8 % de A	170,3	20	3 406
5) additif de fabrication (a)	600	139,29	83 574
6) additif de fabrication (b)	500	40,14	20 070
7) papier filtre	700	0,525	367,5
8) produits pour le traitement de l'eau de chaudière 2 000 F CFA/tonne d'huile (A)			5 000
9) produits de laboratoire			3 000
10) frais d'approche 5 % sur l'ensemble des matières premières importées			9 164,3
Total matières premières importées rendues usine			192 450,8
TOTAL MATIERES PREMIERES RENDUES USINE (A + B)			317 451

2- Emballages	Prix unitaire F CFA/kg	quantité tonnes/an	Prix total/an milliers FCFA
A. huiles monogrades 1 500,57 tonnes			
80 % soit 1 333 840 litres en fûts de 208 litres	5 000	6 412	32 060
20 % soit 333 460 litres en bidons de 4 litres	200	83 365	16 673
B. huiles multigrades 376,69 tonnes			
80 % soit 334 835 litres en fûts de 208 litres	5 000	1 609	8 045
20 % soit 83 708 litres en bidons de 4 litres	200	20 927	4 185
TOTAL EMBALLAGES			<u>60 963</u>
3- Pièces détachées 5 % de l'équipement de production			31 200
4- Entretien 5 % de l'ensemble bâtiments, cuves de stockage et matériel de production			67 500
5- Energie électrique et eau			
A. Electricité			
a) éléments de calcul			
1/ pour puissance installée 200kw prime fixe 3 450 000 F CFA soit 13,8 F CFA/kWh			
2/ taxe proportionnelle 45 F CFA/kWh			
3/ taxe additionnelle 14 F CFA/kWh			
b) consommation	72,8	250 000 kWh	18 200
100 kWh par tonne d'huile usagée traitée			
B. Eau			
3 m ³ par tonne d'huile usagée traitée	120	7 500 m ³	900
TOTAL ENERGIE ELECTRIQUE ET EAU			<u>19 100</u>

6- Fuel	Prix unitaire /litre FCFA	quantité litres	Prix total milliers FCFA
consommation : 133 kg/tonne d'huile usagée traitée. 70 % des besoins en fuel sont assurés par la production de gas oil provenant du traitement	120	110 835	13 300

7- Frais généraux

1. Les frais généraux sont estimés à 5 % du total des coûts de fabrication
soit 31 370 000 F CFA

Ces frais prennent en compte entre autres :

	<u>coûts annuels F CFA</u>
- location du terrain : 17 000 . ²	900 000
- frais de fonctionnement et d'entretien des véhicules	5 000 000
- voyages et déplacements	5 000 000
- frais de publicité, marketing	7 000 000
- fournitures diverses, affranchissement, téléphone	3 000 000
- honoraires	5 000 000
- divers imprévus	5 400 000

2. Les frais généraux ne prennent pas en compte les frais de distribution (livraison aux grossistes) qui ont été comptabilisés par ailleurs.

Ces frais de distribution ont été calculés sur la base de 20 000 F CFA par tonne livrée. ^{1/}

^{1/} On considère que l'usine de régénération livrera les produits finis chez les utilisateurs. Environ 20 % des livraisons seront effectuées par la camionnette de l'entreprise, reste 80 % sera soustraité à des entreprises de transport togolaises.

XIII RECAPITULATION DES COUTS DE PRODUCTION

Pour la 3e année de production, utilisation
100 % de la capacité nominale :
(milliers F CFA)

A. Coût d'exploitation :

1/ personnel		
administration	42 091	
production	<u>75 843</u>	
total.....		117 934
2/ matières premières		
importées	192 451	
locales	<u>125 000</u>	
total		317 451
3/ emballages		60 963
4/ pièces détachées		31 200
5/ entretien		67 500
6/ énergie électrique et eau		19 100
7/ fuel		13 300
8/ Frais généraux		31 372
5 % de 672 448 (postes 1 à 7)		
9/ frais de distribution		38 000
1 900 t. à 20 000 F CFA/t		
Total coûts d'exploitation		<u>696 820</u>

B. Coût total de production :

1/ frais financiers		127 500
2/ amortissements		<u>179 000</u>
Coût total de production		1 003 320

ANNEES	1 70 %	2 80 %	3 100%	4	5	6	7
Personnel (1)	117 934	117 934	117 934	117 934	117 934	117 934	117 934
Matières premières locales	87 500	100 000	125 000	125 000	125 000	125 000	125 000
importées (2)	134 715	153 960	192 451	202 073	211 696	221 319	230 941
Emballages	42 674	48 770	60 963	60 963	60 963	60 963	60 963
Pièces détachées (3)	31 200	31 200	31 200	31 200	31 200	37 440	37 440
Entretien	67 500	67 500	67 500	67 500	67 500	67 500	67 500
Energie électrique et eau	13 370	15 280	19 100	19 100	19 100	19 100	19 100
Fuel (4)	9 310	10 640	13 300	16 625	16 625	16 625	16 625
Frais généraux (5)	31 372	31 372	31 372	31 372	31 372	31 372	31 372
Frais de distribution	26 600	30 400	38 000	38 000	38 000	38 000	38 000
Total coûts d'exploitation	562 175	607 056	696 820	709 767	719 390	735 253	744 875

(1) Tout le personnel est mis en place dès la première année (année de rodage).

(2) Les matières premières importées sont taxées à partir de la 4^e année : 5 , 10 , 15 , 20 %.

(3) Les pièces détachées importées sont taxées à partir de la 6^e année : 20 %.

(4) Le fuel est taxé à partir de la 4^e année : 25 %.

(5) Les frais généraux sont considérés être fixes.

XV CALCUL DU FONDS DE ROULEMENT

Calcul effectué pour l'année où la capacité des installations est utilisée à 100 %.

	couverture en jours	montant ^{1/} milliers F CFA
I - <u>Actif circulant</u> :		
matières premières locales	30	10 417
matières premières importées	120	64 150
emballages importés (30 %)	120	20 321
produits en cours de fabrication évalués en en coûts de fabrication	15	26 144
produits finis évalués en coûts de fabrication	15	26 144
pièces de rechange	180	15 600
comptes débiteurs : coûts de production moins amortissements et intérêts	15	28 825
en caisse : coûts de production moins matières premières, moins emballages, moins amortissements, moins services publics	15	23 138
Total actif circulant		214 739
II- <u>Passif courant</u> :		
comptes créditeurs matières premières et services publics	30	28 046
III- <u>Fonds de Roulement</u> (I - II)		186 693
actif circulant - passif courant	arrondi à	186 700

^{1/} Les calculs sont effectués à partir des données concernant le coût total de production qui sont présentés en détail au tableau XIII.

XVI ETUDE DU PRIX DE VENTE DES PRODUITS FINIS

1. Situation actuelle :

prix par type de conditionnement

F CFA

	huile monograde		huile multigrade	
	fût de 208 l	: bidon de 4 l	fût de 208 l	: bidon de 4 l
C A F LOME	75 576	: 1 761,8	87 206	: 1 952
Taxes douanières	37 063	: 864	42 766	: 958
Frais d'approche	17 911	: 417,5	20 667	: 463
Cessions dépôt LOME	130 550	: 3 043	150 640	: 3 373

2. Situation choisie pour le projet :

- a) Nous considérons que les ventes d'huiles se feront exclusivement auprès des revendeurs et gros utilisateurs (stations services, garages importants, entreprises industrielles). De cette façon, nous avons pris en compte pour l'étude le prix de base "prix de cession dépôt LOME".
- b) Pour mieux assurer les ventes de l'usine, nous avons considéré une remise de 10 % sur le prix cession LOME des huiles neuves actuellement vendues dans le pays.
- c) Ces prix tiennent compte des frais de distribution au niveau de l'usine : 20 000 F CFA / tonne.

3. Présentation des prix de vente (grossistes) :

prix par type de conditionnement

F CFA

	huile monograde		huile multigrade	
	fût de 208 l	: bidon de 4 l	fût de 208 l	: bidon de 4 l
coût total du produit livré chez le grossiste	130 550	: 3 043	150 640	: 3 373
remise 10 % ^{1/}	13 055	: 304	15 064	: 337
prix de vente net grossiste	117 495	: 2 739	135 576	: 3 036

^{1/} Cette remise de 10 % revient à réduire le prix de vente actuellement pratiqué pour permettre à l'usine de régénération d'être plus compétitive sur le marché.

XVII CALCUL DU CHIFFRE D'AFFAIRES

Chiffre d'affaires (année 3)

	Nombre	P J. F CFA	Total vente milliers F CFA
A. huile monograde :			
(20 %) bidons de 4 litres	83 365	3 043	253 680
(80 %) fûts de 208 litres	6 412	130 550	837 086
B. huile multigrade :			
(20 %) bidons de 4 litres	20 927	3 373	70 587
(80 %) fûts de 208 litres	1 609	150 640	242 380
C. total			1 403 733
D. Remise grossiste 10 % sur ensemble ^{1/}			140 373
E. Total Produit des ventes			1 263 360

^{1/} Cette remise de 10 % revient à réduire le prix de vente actuellement pratiqué pour permettre à l'usine de régénération d'être plus compétitive sur le marché.

XVIII PLAN DE FINANCEMENT

Calendrier de mobilisation des ressources

millions F CFA

A N N E E	- 1 (6 mois)	0	Total
Capital social	704		704
Prêt A taux 15 % durée 10 ans	600		600
Prêt B taux 12 % durée 7 ans		700	700
Total	1 304	700	2 004

Ratios de bilans à l'année de mise en route

$$\frac{\text{Capitaux propres}}{\text{Financement total}} = 35,1 \%$$

$$\frac{\text{Emprunts}}{\text{Financement total}} = 64,9 \%$$

Note : Les taux des prêts ont été définis en fonction des taux couramment pratiqués au TOGO. La Banque Ouest Africaine de Développement (B. O. A. D.) a financé plusieurs projets industriels à des taux variant entre 11,5 % et 13 % dans la période 1982-1985.

XIX CALCUL DES FRAIS FINANCIERS

millions F CFA

ANNEE	exécution		production									
	- 1 (6 mois)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Prêt A taux 15 %, durée 10 ans différé 2,5 ans												
- calendrier de mobilisation	600											
- remboursement (fin d'année)			75	75	75	75	75	75	75	75		
- capital restant à rembourser en fin d'année			525	450	375	300	225	150	75	0		
- intérêts	45	90	90	78,75	67,5	56,25	45	33,75	22,5	11,25		
Prêt B taux 12 %, durée 8 ans différé 1 an												
- calendrier de mobilisation		700										
- remboursement (fin d'année)			100	100	100	100	100	100	100			
- capital restant à rembourser en fin d'année			600	500	400	300	200	100	0			
- intérêts		84	84	72	60	48	36	24	12			
Total intérêts	45	174	174	150,75	127,5	104,25	81	57,75	34,5	11,25		
Total remboursements fin d'année			175	175	175	175	175	175	175	75		
Total service de la dette	45	174	349	325,75	302,5	279,25	256	232,75	209,5	86,25		

XX TABEAU DES INVESTISSEMENTS ETRENOUVELLEMENTS

millions F CFA

ANNEE	exécution		production														
	- 1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1. Investissements fixes																	
a) Frais de premier établissement	259																
b) Bâtiments, infrastructure et viabilisation	533,3																
c) Equipement de production et équipement auxiliaire y compris engineering et supervision du montage	207,9	415,8										623,7					
d) Equipement de stockage (cuves) à l'usine	193,5																193,5
e) Equipement de stockage (cuves et fûts) aux centres de collecte	11											11					
f) Frais de montage	34,8	69,5										104,3					
g) Véhicules		15			15			15		15				15			15
h) Imprévus	43,5	43,5										87					
Total investissements fixes et renouvellements	1 283	543,8			15			15		15		826		15			208,5
2. Fonds de roulement et augmentations de fonds de roulement		130,7	18,66	37,34													
3. Total Investissements	1 283	674,5	18,66	37,34	15			15		15		826		15			208,5

Calcul de la valeur résiduelle :
en fin de 15e année

a)	0	=	0
b)	25 % x 533,3	=	133,32
c)	50 % x 623,7	=	311,85
d)	93 % x 193,5	=	179,95
e)	50 % x 11	=	5,50
f)	50 % x 104,3	=	52,15
g)	66,66 % x 15	=	10
h)	50 % x 87	=	43,5

TOTAL 736,27

millions F CFA

ANNEE	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	1. Frais de premier établissement			51,0	51,0	51,0	51,0	51,0									
2. Bâiments, infrastructures et viabilisation			26,66														
3. Equipement de production et équipement auxiliaire y compris engineering et supervision du montage			62,37														
4. Equipements de stockage (cuves) à l'usine			12,9														
5. Equipements de stockage (cuves et fûts) aux centres de collecte			1,1														
6. Montage des installations			10,43														
7. Véhicules			5														
8. Imprimés			8,7														
Total			176,96					127,16									
arrondi à			179					127,2									

XXII TABLEAU "ETAT DES RECETTE NETTES"

Le tableau "Etat des Recettes Nettes (tableau XXII) permet de calculer année par année le bénéfice réalisé par l'entreprise. Ce tableau fait figurer également les dividendes distribués.

Dans le cas du projet on a considéré que des dividendes se montant à 100.000.000 FCFA par an étaient distribués chaque année à partir de la 3e année de production.

Le bénéfice net réaliser la 3e année de production (bénéfice non distribué plus bénéfice distribué) représente 12 % du chiffre d'affaires. A la 6e année de production ce rapport monte à 16 %. A partir de la 9e année le bénéfice représente 18,5 % du chiffre d'affaires.

Le taux d'imposition appliqué sur les bénéfices bruts est de 40 %. Le régime d'imposition pour le projet (régime A qui correspond à un investissement inférieur à 3 milliards FCFA) permet un exonération totale les deux premières années de production. L'impôt sur les bénéfices sera donc effectif dès la 3e année de production.

Les coûts d'exploitation figuront au tableau XXII sont élaborés au tableau XIV. Ces coûts d'exploitation prennent en compte les frais généraux et les frais de distribution mais ne prennent pas en compte les amortissements et les frais financiers.

A N N E E	Exécution		Production				Production										
	- 1	0	1 70 %	2 80 %	3 100 %	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ventes			884,35	1 010,68	1 263,36												
Coûts d'exploitation			562,17	607,06	696,82	709,77	719,39	735,25	744,88								
Amortissements			179	179	179	179	179	127,20									
Bénéfice d'exploitation			143,18	224,63	387,54	374,59	364,97	400,91	391,28								
Intérêts			174	140,75	127,5	104,25	81	57,75	34,5	11,25							
Bénéfice brut			- 30,82	73,88	260,04	270,34	283,97	343,16	356,78	380,03	391,28						
Impôt sur B. I. C. (1)			0	0	104,01	108,14	113,58	137,26	142,71	152,01	156,51						
Bénéfice net			- 30,82	73,88	156,03	162,20	170,39	205,90	214,07	228,02	234,76						
Dividendes (2)					100	100	100	100	100								
Bénéfices non distribués					56,03	62,20	70,39	105,90	114,07	128,02	134,76						
Bénéfices non distribués cumulée			- 30,82	43,06	99,09	161,29	231,68	337,58	451,65	579,67	714,43	849,19	983,96	1 118,72	1 253,49	1 388,25	1 521,02

(1) Les impôts sur les B. I. C. (Bénéfices industriels et commerciaux) sont calculés au taux de 40 % dès la troisième année de production.

(2) On a prévu la distribution de dividendes dès la troisième année de production : 100 000 000 F CFA/an.

XXIV TAUX DE RENTABILITE INTERNE

Le critère de base utilisé pour l'étude de pré faisabilité est le TRI : Taux de Rentabilité Interne. Ce taux qui mesure la rentabilité d'un projet doit être comparé aux meilleurs taux de placement de l'argent. On évalue ce taux aux environs de 10 - 12 % par an au Togo.

On distingue deux types de TRI. Dans un premier cas on ne considère pas de financement externe au projet (ou extérieur) et on ne prend en considération que l'investissement total correspondant à un apport en fonds propres du même montant.

Dans un second cas on considère un financement externe au projet (ou extérieur) et on prend en compte le coût total de l'investissement qui comprend chaque année l'apport en fonds propres, le remboursement des prêts, l'intérêt des prêts, et les remplacements de matériel.

Le tableau XXIII permet d'élaborer le TRI sans financement extérieur au projet. On trouve dans ce cas un TRI de 14,4 %.

Le tableau XXIV permet d'élaborer le TRI en tenant compte du plan de financement présenté au tableau XVIII. Dans ce cas on trouve un TRI de 16 %. L'accroissement du TRI (1,6 %) s'explique par le fait que le taux d'une partie du prêt (700 millions FCFA) est de 12 % et donc inférieur au TRI calculé sans financement extérieur au projet.

millions F CFA

A N N E E	- 1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15 (1)
A. Entrées de trésorerie																	
Produit des ventes			884,35	1 010,70	1 263,36												
B. Sorties de trésorerie	1 283	674,5	580,83	644,40	815,83	817,91	832,97	887,51	887	896,89	911,89	172,89	896,89	911,89	896,89	896,89	1 105,39
1/ Dépenses totales d'investissement	1 283	674,5	18,66	37,34	15			15			15	826		15			200,50
2/ Coûts d'exploitation ..			562,17	607,06	696,82	709,77	719,39	735,25	744,88								
3/ Impôt					104,01	108,14	113,58	137,26	142,71	152,01							
C. Cash flow net	- 1 283	- 674,5	303,52	366,30	447,53	445,45	430,39	375,85	376,27	366,47	351,47	- 459,53	366,47	351,47	366,47	366,47	(157,97) + 736,27 = 578,29

(1) Valeur résiduelle : 736,27 en 15e année

TRI = 14,38 %

XXIV

TABLEAU DES CASH FLOW

Calcul du T R I

Avec financement extérieur

Millions P CPA

A N N E E	Exécution		Production						Production												
	- 1	0	1	70 %	2	80 %	3	100%	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15 (1)	
A. Cash inflow Produit des ventes	0	0	684,35	1 010,70	1 263,36																
B. Cash outflow	704		911,17	932,81	1 118,33	1 097,16	1 097,16	1 097,16	1 088,97	1 120,26	1 097,09	983,14	911,89	1 722,89	896,89	896,89	896,89	896,89	896,89	896,89	896,89
1/ Coût total de l'investissement																					
a) Fonds de capital social	704																				
b) remboursements					15					15			15	826			15				108,74
c) remboursements			175	175	175	175	175	175	175	175	175	75									
d) intérêts			174	150,75	127,50	104,25	104,25	104,25	81	57,75	34,50	11,25									
2/ Coût d'exploitation			562,17	607,06	696,82	709,77	709,77	719,39	719,39	735,25	744,88										
3/ Impôts			0	0	104,01	108,14	108,14	113,58	113,58	137,26	142,71	152,01									
C. Cash flow (A - B)	- 704		- 26,82	77,89	145,03	166,20	166,20	174,39	174,39	143,10	166,27	280,22	351,47	- 459,53	366,47	366,47	351,47	366,47	366,47	366,47	366,47

(1) Valeur résiduelle en fin de 15e année : 736,27

T R I = 16,05 %

XXV TRESORERIE PREVISIONNELLE

Le tableau de trésorerie prévisionnelle élaboré ci-après a pour objectif de démontrer comment la trésorerie de l'entreprise est toujours positive. On remarque en effet que le solde de trésorerie cumulé (ligne D) est toujours positif et que l'entreprise s'autofinance parfaitement.

Les rentrées de trésorerie prennent en compte l'ensemble des ressources financières (capital social et prêts), le bénéfice d'exploitation élaboré au tableau XXII "Etat des Recettes Nettes" (4e ligne) ainsi que les amortissements élaborés au tableau XXI.

Les sorties de trésorerie prennent en compte les investissements et renouvellements élaborés au tableau XX, le service de la dette élaboré au tableau XIX, le calcul de l'impôt élaboré au tableau XXII ainsi que les dividendes présentés à ce même tableau.

Le tableau des bilans prévisionnels qui suit le tableau de trésorerie présente la situation financière de l'entreprise chaque année. Ce tableau met en évidence l'augmentation pendant 3 ans de l'actif circulant lui même égal à la somme du fonds de roulement et du passif courant. Dans la partie présentant le passif total on remarque le remboursement progressif des deux prêts.

TABLAU DE TRESORERIE PREVISIONNELLE POUR LA PLANIFICATION FINANCIERE

millions F CFA

A N N E E	Exécution			Production													
	- 1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A. Entrées de trésorerie	1 304	700	322,18	403,63	566,54	553,59	543,97	528,11	518,48								
1/ Total des ressources financières	1 304	700															
2/ Bénéfice d'exploitation	0	0	143,18	224,63	387,54	374,59	364,97	400,91	391,28								
3/ Amortissements	0	0	179	179	179	179	179	127,20									
B. Sorties de trésorerie	1 283	674,6	367,66	363,09	521,51	487,39	469,58	485,01	452,21	338,26	271,51	1 082,51	256,51	271,51	256,51	256,51	482,11
1/ Investissements et renouvellements		674,6	18,66	37,34	15			15			15	826		15			208,56
2/ Service de la dette			174	150,75	127,50	104,25	81	57,75	34,50	11,25							
a) Intérêts			175	175	175	175	175	175	175	75							
b) Remboursements			0	0	104,01	108,14	113,58	137,26	142,71	152,01	156,51						
3/ Impôt					100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
4/ Dividendes																	
C. Solde de trésorerie	21	25,4	- 45,48	40,54	45,03	66,20	74,39	43,10	66,27	180,22	246,97	- 564,03	261,97	246,97	261,97	261,97	51,47
D. Solde de trésorerie cumulé	21	46,4	0,92	41,46	86,49	152,69	227,08	270,18	336,45	516,67	763,64	199,61	461,58	708,55	970,52	1 232,49	1 487,96

XXVI

TABLEAU DES BILANS

PREVISIONNELS

millions P CFA

ANNÉES	Exécution		Production					Production									
	- 1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A. Actif total	1 304	2 023,63	1 851,43	1 725,10	1 616,13	1 493,33	1 388,72	1 319,62	1 258,69	1 311,71	1 446,47	1 581,23	1 716	1 850,76	1 985,53	2 120,30	2 255,08
1 Actif courant total																	
a) solde de trésorerie cumulé	21	46,40	0,92	41,46	86,49	152,69	227,08	270,18	336,45	516,67	763,63	199,61	461,58	708,54	970,51	1 212,40	1 465,94
b) actif circulant		150,33	171,79	214,74	214,74	214,74	214,74	214,74	214,74	214,74	214,74	214,74	214,74	214,74	214,74	214,74	214,74
2 Actifs fixes nets d'amortissements	1 283	1 826,90	1 647,90	1 468,90	1 304,90	1 125,90	946,90	834,70	707,50	580,30	468,10	1 166,88	1 039,68	927,48	800,28	671,00	544,30
3 Pertes cumulées	0	0	30,82														
B. Passif total	1 304	2 023,63	1 851,43	1 725,10	1 616,13	1 493,33	1 388,72	1 319,62	1 258,69	1 311,71	1 446,47	1 581,23	1 716	1 850,76	1 985,53	2 120,30	2 255,08
1 Passif courant		19,63	22,43	28,04	28,04	28,04	28,04	28,04	28,04	28,04	28,04	28,04	28,04	28,04	28,04	28,04	28,04
2 Emprunt A	600	600	525	450	375	300	225	150	75	0							
3 Emprunt B		700	600	500	400	300	200	100	0								
4 Capital	704	704	704	704	704	704	704	704	704	704	704	704	704	704	704	704	704
5 Bénéfices non distribués cumulés	0	0		43,06	99,09	161,29	231,68	337,58	451,65	579,67	714,43	849,19	983,96	1 118,72	1 253,49	1 388,25	1 523,02

XXVII STRUCTURE DU PRIX DE REVIENT DES PRODUITS FINIS

Année choisie pour l'étude : année 3 = 3e année de production

Hypothèse : huile usagée à 45 F/litre

huile neuve conditionnée en fûts de 208 litres

	coûts par litre/F CFA	
	huile monograde	huile multigrade
1. Matière première locale huile usagée	60	60
2. Coût de fabrication hors matière première locale	199,8	286,7
a) matières premières importées	56,2	143,1
b) emballage	24	24
c) personnel	56,6	56,6
d) pièces détachées, entretien	47,4	47,4
e) électricité, eau	9,2	9,2
f) fuel	6,4	6,4
3. Autres coûts	230,2	230,2
a) frais généraux	15	15
b) frais de distribution	18,2	18,2
c) amortissements	85,9	85,9
d) frais financiers	61,2	61,2
e) impôts sur bénéfice	49,9	49,9
4. Bénéfice industriel	74,9	74,9
5. Prix de vente grossiste marchandise livrée	564,9	651,8
RECAPITULATION	%	%
Matière première locale (huile)	10,6	9,2
Coût de fabrication	35,4	44
Autres coûts	40,8	35,3
Bénéfice	13,2	11,5

XXVIII ETUDE DE SENSIBILITE

Les tableaux qui suivent permettent de démontrer la sensibilité du projet à différentes variations:

Pour calculer cette sensibilité on étudie l'augmentation ou la diminution du TRI (Taux de Rentabilité Interne) correspondant à une variation d'un élément choisi:

- coût de l'investissement
- coût de la matière première locale (huile usagée)
- coût de la matière première importée.

Pratiquement dans le cas du projet on a étudié:

Tableau:

XXVII et XXIX :	coût de l'investissement	: 5% et +10%
XXX et XXXI :	coût de la matière première locale (huile usagée)	: +20%
XXXII :	coût des matières premières importées	: + 7,5%
XXXIIbis :	montant des recettes	: + 5%

Les résultats de cette étude démontrent que le projet supporte sans trop de mal:

- une augmentation de 5% du coût de l'investissement
- une augmentation de 20% du coût de l'huile usagée
- une augmentation de 7,5% du coût des matières premières importées

Les résultats de cette étude montrent pareillement qu'une augmentation des recettes de 5% permet d'atteindre un TRI de 21%. Cette augmentation des recettes peut provenir d'un rendement accru en huiles neuves compte tenu d'une bonne analyse chimique des huiles usagées collectées.

Tableau des Cash flow

Calcul du T R I - sans financement extérieur

millions F CFA

A N N E E	- 1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15 (1)
A. Entrées de trésorerie																	
Produits des ventes			884,30	1 010,70	1 263,40												
B. Sorties de trésorerie	1 347	708,2	581,80	646,30	816,60	817,90	853	888,20	887	896,90	912,60	1 764,20	896,90	912,70	896,90	896,90	1 115,80
1 Dépenses totales d'investissement	1 347	708,2	19,6	39,2	15,8			15,70			15,70	867,30		15,80			218,90
2 Coûts d'exploitation			562,17	607,06	696,82	709,77	719,39	735,25	744,88								
3 Impôt (2)					104,01	108,14	113,58	137,26	142,71	152,01							
C. Cash flow net	- 1 347	- 708,2	332,50	364,40	446,80	445,50	430,40	375,20	376,40	366,50	350,80	- 500,80	366,50	350,70	366,50	366,50	(147,6) + 773,1 = 920,7

(1) Valeur résiduelle en fin de 15e année : 773,10

T R I = 13,6 %

(2) Les impôts calculés dans cette alternative sont en réalité légèrement inférieurs aux chiffres de la ligne. Par simplicité, on a gardé les mêmes valeurs que celles de l'étude de base.

Calcul du T R I - sans financement extérieur

millions F CFA

A N N E E	- 1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15 (1)
A. Entrées de trésorerie																	
Produit des ventes			884,30	1 010,70	1 263,40												
B. Sorties de trésorerie	1 411,30	741,90	582,70	648	817,30	817,90	833	889	887,60	896,90	913,40	1 805,50	896,90	913,40	896,90	896,90	1 125,90
1 Dépenses totales d'investissement	1 411,30	741,95	20,5	41	16,50			16,50			16,50	908,60		16,50			229
2 Coûts d'exploitation			562,17	607,06	696,82	709,77	719,39	735,25	744,88								
3 Impôt					104,01	108,14	113,58	137,26	142,71	152,01							
C. Cash flow net	-1 411,30	-741,90	301,60	362,70	446	445,50	430,40	374,40	375,80	366,50	350	- 542,10	366,50	350	366,50	366,50	(137,4) + 809,9 = 947,3

(1) Valeur résiduelle : 809,90
en 15e année

T R I : 12,53 %

XXX

ETUDE DE SENSIBILITE : augmentation du coût de la matière première locale (huile usagée)

+ 20 %

COÛTS D'EXPLOITATION

milliers F CFA

A N N E E	1 70 %	2 80 %	3 100%	4	5	6	7
Personnel	117 934	117 934	117 934	117 934	117 934	117 934	117 934
Matières premières locales	105 000	120 000	150 000	150 000	150 000	150 000	150 000
importées	134 715	153 960	192 451	202 073	211 696	221 319	230 941
Emballages	42 674	48 770	60 963	60 963	60 963	60 963	60 963
Pièces détachées	31 200	31 200	31 200	31 200	31 200	37 440	37 440
Entretien	67 500	67 500	67 500	67 500	67 500	67 500	67 500
Energie électrique et eau	13 370	15 280	19 100	19 100	19 100	19 100	19 100
Fuel	9 310	10 640	13 300	16 625	16 625	16 625	16 625
Frais généraux	31 372	31 372	31 372	31 372	31 372	31 372	31 372
Frais de distribution	<u>26 600</u>	<u>30 400</u>	<u>38 000</u>	38 000	38 000	38 000	38 000
Total coûts d'exploitation	579 675	627 056	721 820	734 767	744 390	760 253	769 875

Tableau des cash flow

Calcul du T R I - sans financement extérieur

millions F CFA

A N N E E	- 1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15 (1)
A. Rentrées de trésorerie																	
Produit des ventes			884,35	1 010,70	1 263,36												
B. Sorties de trésorerie	1 283	674,50	598,41	664,39	840,83	842,91	857,97	912,51	912,58	921,88	936,88	1 747,88	921,88	936,88	921,88	921,88	1 130,38
1 Dépenses totales d'investissement	1 283	674,50	18,66	37,34	15			15			15	826		15			208,50
2 Coûts d'exploitation			579,75	627,05	721,82	734,77	744,39	760,25	769,87								
3 Impôt (2)					104,01	108,14	113,58	137,26	142,71	152,01							
C. Cash flow net	- 1 283	- 674,50	285,94	346,31	395,53	420,45	405,39	350,85	350,78	341,48	326,48	- 484,52	341,48	326,48	341,48	341,48	(132,98) + 736,27 = 869,25

(1) Valeur résiduelle : 736,27
en 15e année

T R I : 12,98 %

(2) les impôts calculés pour cette alternative sont en réalité légèrement inférieurs (0,8 %) aux chiffres de la ligne.
Par simplicité, on a gardé les mêmes valeurs que celles de l'étude de base.

XXXII

ETUDE DE SENSIBILITE : matières premières importées + 7,5 %-A- Coûts d'exploitationmilliers F CFA

A N N E E	1 70 %	2 80 %	3 100%	4	5	6	7
Personnel	117 934	117 934	117 934	117 934	117 934	117 934	117 934
Matières premières locales	87 500	100 000	125 000	125 000	125 000	125 000	125 000
importées	144 818	165 707	206 884	217 218	227 573	237 918	248 261
Emballages	42 674	48 770	60 963	60 963	60 963	60 963	60 963
Pièces détachées	31 200	31 200	31 200	31 200	31 200	37 440	37 440
Entretien	67 500	67 500	67 500	67 500	67 500	67 500	67 500
Energie électrique et eau	13 370	15 280	19 100	19 100	19 100	19 100	19 100
Fuel	9 310	10 640	13 300	16 625	16 625	16 625	16 625
Frais généraux	31 372	31 372	31 372	31 372	31 372	31 372	31 372
Frais de distribution	26 600	30 400	38 000	38 000	38 000	38 000	38 000
Total coûts d'exploitation	572 278	618 603	711 254	724 922	735 267	751 852	762 195

-B- Tableau des cash flowCalcul du T R I - sans financement extérieur

millions F CFA

A N N E E	- 1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A. Entrées de trésorerie																	
Produit des ventes			884,35	1 010,70	1 263,36												
B. Sorties de trésorerie	1 283	674,50	590,90	655,90	830,29	853	848,80	904,10	904,90	914,20	929,20	1 740,20	914,20	929,20	914,20	914,20	1 122,7
1 Dépenses totales d'investissement	1 283	674,50	18,66	37,34	15			15			15	826		15			208,5
2 Coûts d'exploitation			572,27	618,60	711,25	724,92	735,26	751,85	762,19								
3 Impôt					104,01	108,14	113,58	137,26	142,71	152,01							
C. Cash flow net	- 1 283	- 674,50	293,40	354,80	433,20	410,30	414,50	359,20	358,40	349,10	334,10	- 476,80	349,10	334,10	349,10	349,10	(140,66 + 736,27 476,90

(1) Valeur résiduelle : 736,27
en 15e année

T R I : 13,5 %

Tableau des cash flow avec financement extérieur

Calcul du T R I

millions F CFA

A N N E E	- 1	0	1 704	2 804	3 1004	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15 (1)
A. Cash inflow Produit des ventes	0	0	928,6	1 061	1 326,5												
B. Cash out flow	704		911,17	932,81	1 118,33	1 097,16	1 088,97	1 120,26	1 097,09	983,14	911,89	1 722,89	896,89	911,89	896,89	896,89	1 105,39
1/ Coût total de l'investissement																	
a) Fonds de capital social	704																
b) remplacements					15												
c) remboursements			175	175	175	175	175	175	175	75	15	826		15			208,5
d) intérêts			174	150,75	329,80	104,23	81	57,75	34,50	11,25							
2/ Coûts d'exploitation			562,17	607,06	696,82	709,77	719,39	735,25	744,88								
3/ impôts			0	0	104,01	108,14	113,58	137,26	142,71	152,01							
C. Cash flow (A - B)	-704	0	17,4	128,2	208,2	229,3	237,5	206,2	229,4	343,4	414,6	- 396,4	429,6	414,6	429,6	429,6	221,1 + 736,27 = 957,4

(1) Valeur résiduelle en fin de 15e année : 736,27

T R I : 20,96 %

XXXIII VARIANTE CONCERNANT LE FINANCEMENT

On se propose d'étudier ici une variante de financement.

Dans l'hypothèse de base on avait retenu la structure suivante (tableau XVIII):

	millions FCFA	%
capital social	704	35,1
Prêts		
700 millions à 12 %		
600 millions à 15 %	1 300	64,9

On se propose maintenant d'étudier le cas où le projet est financé par un montant plus important de prêts. La nouvelle présentation du financement serait la suivante:

	millions FCFA	%
Capital	516	25,7
Prêts		
800 millions à 10 %		
688 millions à 12 %	1 488	74,3

On remarquera que pour le nouveau cas de financement étudié on a pris en considération de nouveaux taux pour les prêts (10 et 12 %). On estime que dans la conjoncture actuelle il est possible de négocier de tels prêts avec certaines banques régionales (Banque Ouest Africaine de Développement).

L'effet du nouveau type de financement est remarquable en ce sens que dans ce cas le Taux de rentabilité Interne (TRI) s'élève à 19 %.

Les calculs ayant permis d'élaborer le nouveau TRI sont présentés au tableau XXXV. Les chiffres des lignes 1b et 1c concernant les intérêts et les remboursements des nouveaux prêts sont calculés à partir du tableau XXXIV.

XXXIII

VARIANTE CONCERNANT LE FINANCEMENTVariante : Plan de financement

Calendrier de mobilisation des ressources

A N N E E	- 1	0	TOTAL
Capital social	516		516
Prêt A taux 12 % durée 10 ans	688		688
Prêt B taux 10 % durée 9 ans		800	800
Total	1 204	800	2 004

Ratios de bilan à l'année de mise en route :

Capitaux propres = 25,7 %
Financement total

Emprunts = 74,3 %
Financement total

XXIV

VARIANTE DE FINANCEMENT : SERVICE DE LA DETTE

ANNEE	- 1 6 mois	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Prêt A : 688 M taux 12 %, durée 10ans différé 2,5 ans - calendrier de mobili- sation	688									
- remboursement fin d'année			86	86	86	96	86	86	86	86
- capital restant à rembourser en fin d'année			602	516	430	344	258	172	86	
- intérêt	41,3	82,6	82,6	72,2	61,9	51,6	41,3	31	20,6	10,3
Prêt B : 800 M taux 10 %, durée 9ans différé 2 ans - calendrier de mobili- sation		800								
- remboursement fin d'année			100	100	100	100	100	100	100	100
- capital restant à rembourser en fin d'année			700	600	500	400	300	200	100	
- intérêt		80	80	70	60	50	40	30	20	10
Total intérêts		162,6	162,6	142,2	121,9	101,6	81,3	61	40,6	20,3
Total remboursements (fin d'année)			186	186	186	186	186	186	186	186
Total service de la dette	41,3	162,6	348,6	328,2	307,9	287,6	267,3	247	226,6	206,3

XIXIV VARIANTE DE FINANCEMENT :

Tableau des cash flow avec financement extérieur

Calcul du T R I

millions F CFA

A M B E	- 1	0	1	?	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A. Cash inflow Produit des ventes	0	0	884,40	1 010,70	1 263,40												
B. Cash out flow	516		910,80	953,30	1 123,7	1 105,50	1 100,30	1 134,50	1 114,20	1 103,20	911,90	1 722,90	896,90	911,90	896,90	896,90	1 105,4
1/ Coût total de l'investissement																	
a) Fonds de capital social	516																
b) remplacements			186	186	15	186	186	15	186	186	15	826		15			208,5
c) remboursements			162,60	142,20	121,90	101,60	81,30	61	40,60	20,30							
d) intérêts			562,17	607,06	696,82	709,77	719,39	735,25	744,88								
2/ Coûts d'exploitation			0	0	104,01	108,14	113,58	137,26	142,71	152,01							
3/ Impôts (2)																	
C. Cash flow (A - B)	- 516	0	- 24,40	75,40	139,70	157,90	163,10	128,90	149,20	160,20	351,50	- 459,50	366,50	351,50	366,50	366,50	(159)

(1) Valeur résiduelle en fin de 15e année : 736,27

T R I : 19,18

(2) Le calcul précis des impôts donne en réalité un chiffre très légèrement inférieur aux chiffres de la ligne à partir de l'année 5. Pour simplifier les calculs on a repris les montants indiqués dans l'étude de base (chapitre XIII).

XXXVI ETUDE DU SEUIL DE RENTABILITE

On se propose d'étudier le taux de la capacité nominale (1.877 tonnes par an d'huile neuves) en dessous du quel la future usine de régénération n'est plus rentable. Ce taux correspond au seuil de rentabilité.

Pour effectuer ce calcul on différencie les frais fixes et les frais variables (proportionnels). On inclue dans les frais fixes le personnel d'administration et de direction, les pièces détachées et les frais d'entretien, les frais généraux, les frais financiers et les amortissements. D'un autre côté les frais variables (proportionnels) prennent en compte les matières premières, le personnel de production, les emballages, les frais d'électricité, d'eau et de fuel ainsi que les frais de distribution. On peut procéder au calcul du seuil de rentabilité de deux façons différentes:

a) détermination algébrique du seuil de rentabilité

On applique la formule

$$S.R. = \frac{\text{frais fixes}}{\text{produit des ventes} - \text{coûts variables de production}}$$

b) détermination géométrique du seuil de rentabilité

On représente sur un graphique les frais variables et les frais fixes. L'intersection de la droite représentant le chiffre d'affaire avec la droite représentant le coût total de production (frais fixes plus frais variables) détermine le seuil de rentabilité.

Dans le cas du projet ce seuil se situe à 64,8 % de la capacité nominale. Cela signifie que l'usine n'est plus rentable si la production annuelle d'huiles neuves descend en dessous de 1.216 tonnes. Cette production d'huiles neuves correspond à une collecte de 1.620 tonnes d'huiles usagées par an.

XXXVII

ETUDE DU SEUIL DE RENTABILITE

milliers de F CFA

A. Frais fixes :

base : 3e année de production

- personnel d'administration et de direction	42 090	
- pièces détachées et entretien	98 700	
- frais généraux	31 372	
- frais financiers	127 500	
- amortissements	<u>179 000</u>	
Total frais fixes		<u>478 662</u>

B. Frais variables :

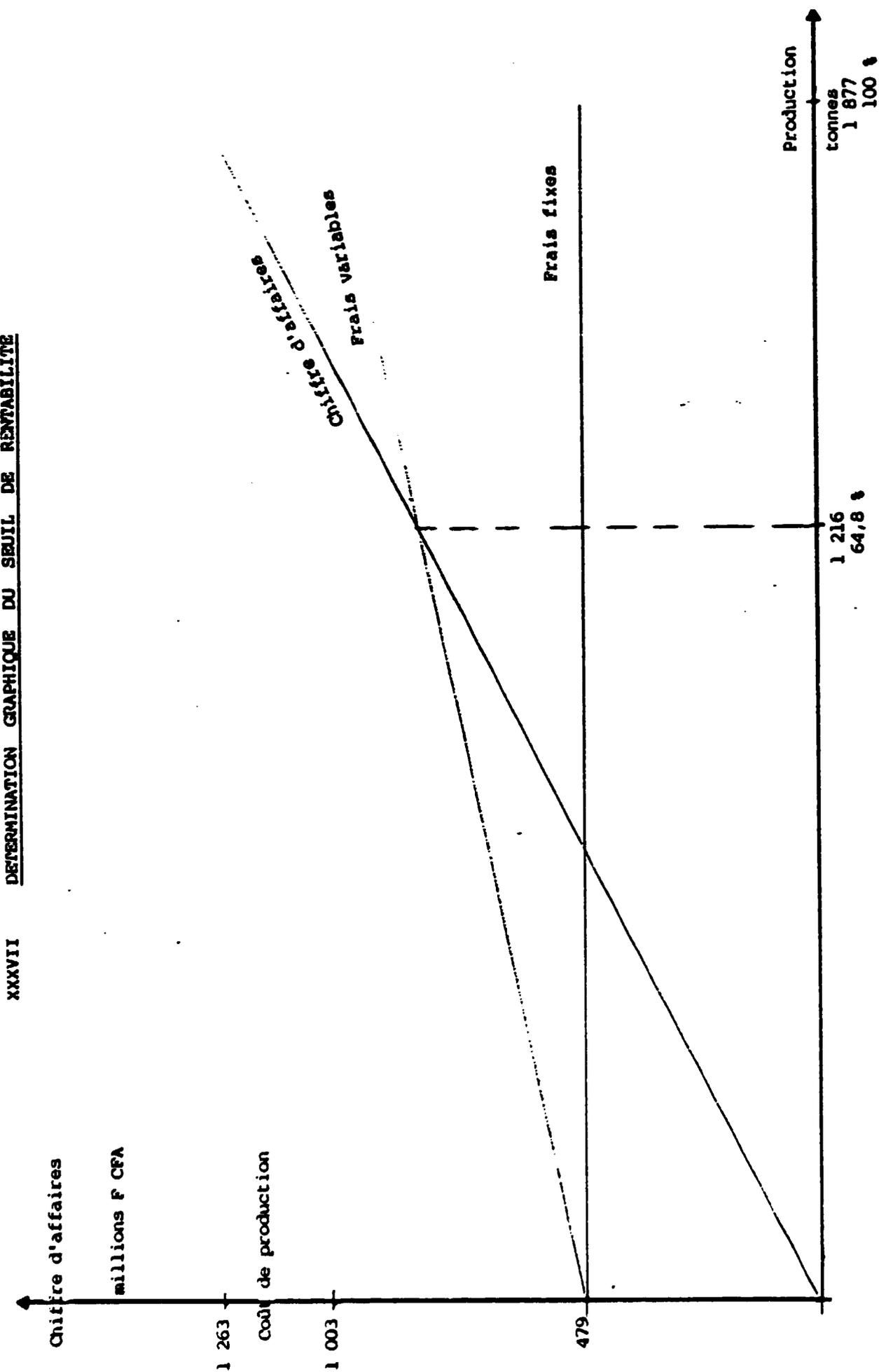
- matières premières	317 451	
- personnel de production	75 844	
- emballages	60 963	
- énergie électrique et eau, fuel	32 400	
- frais de distribution	<u>38 000</u>	
Total frais variables		<u>524 658</u>

C. Coût total de production : 1 003 320D. Marge bénéficiaire (bénéfice brut) 260 040E. Chiffre d'affaire 1 263 360F. Détermination algébrique du seuil de rentabilité :

$$S R = \frac{\text{Frais fixes}}{\text{produit des ventes-coûts variables de production}}$$

$$\frac{478 662}{1 263 360 - 524 658} = 64,8 \%$$

XXXVII DETERMINATION GRAPHIQUE DU SEUIL DE RENTABILITE



XXXVIII CALCUL DU TEMPS DE RECUPERATION DES CAPITAUX INVESTIS

a) Profit = bénéfice net + intérêt + amortissements (millions F CFA)

A N N E E	1	2	3	4	5	6
Bénéfice net	- 30,8	73,9	156	162,2	170,4	205,9
Intérêt	174	150,8	127,5	104,2	81	57,8
Amortissement	179	179	179	179	179	127,2
Total	322,2	403,7	462,5	445,4	430,4	390,9

b) Coût total de l'investissement fixe :

A N N E E	- 1	0
Investissement millions F CFA	1 283	543,8

c) Temps de récupération :

Année	montant recouvré millions F CFA	solde en fin d'année millions F CFA
- 1		- 1 283
0		- 1 826,8
1	322,2	- 1 504,6
2	403,7	- 1 100,9
3	462,5	- 638,4
4	445,4	- 193
5	430,4	+ 237,4

Le montant initial de l'investissement fixe sera récupéré après une période de 7 ans (5e année de production).

XXXIX ANALYSE ECONOMIQUE

Pour conduire l'analyse économique nous avons pris en considération l'économie en devises réalisée au niveau de l'Etat par la mise en fonctionnement de l'usine de régénération d'huiles usagées.

Pour calculer cette économie en devises on procéda à l'élaboration du flux net de devises en considérant d'une part les gains en devises provenant de la diminution des importations et de l'apport en devises du prêt étranger, d'autre part les coûts en devises provenant des remboursements du prêt étranger et de l'achat en devises des équipements.

Pour calculer les achats en devises des équipements on se reporte au tableau VII qui explicite la part en devises du montant total des installations.

Le tableau XXXIX présente de manière détaillée, année par année le coût d'investissement en devises.

Dans le cas des projet on considère que le prêt de 600 millions de FCFA (taux 15 %, durée 10 ans) a été contracté auprès d'une banque étrangère.

Les lignes "remboursement prêt étranger" et "intérêts du prêt étranger" du paragraphe "A" du tableau XXXX ont été élaborées à partir des résultats du calcul des frais financiers présentes au tableau XIX.

Pour donner plus de sens au chiffre des flux nets de devises apparaissant au tableau XXXX on a procédé à l'actualisation de ces flux en nous basant sur un taux d'actualisation de 10 %.

De cette façon la dernière ligne du tableau XXXX représente la somme cumulée des flux de devises actualisés. Le chiffre obtenu en 15^e année (2,7 milliards FCFA) démontre que le projet présente un grand intérêt du point de vue de l'économie nationale.

XXXIX ANALYSE ECONOMIQUE : CALCUL DES DEPENSES D'INVESTISSEMENT EN DEVISES ANNEE PAR ANNEE

MILLIONS F CFA

A N N E E	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Premier établissement	51,8																
Bâtiment	53,3											53,3					
Equipement de production		623,7										623,7					
Equipement de stockage	102,3											5,5					96,8
Montage		52,2										52,2					
Véhicules		15			15			15			15			15			15
Imprévus	43,5											43,5					
Total	250,9	690,9			15			15			15	778,2		15			111,8

Il y a lieu de se référer au tableau VI "Récapitulation des investissements fixes" pour connaître le % en devises de l'investissement.

MILLIONS F CPA

A N N E E	- 1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A. Coûts en devises	259,9	780,9	299,7	307,70	350	323,8	312,5	316,2	290	278,6	207,5	970,6	192,5	207,4	192,5	192,5	504,2
biens d'équipement	250,9	690,9			15			15			15	778,2		15			111,8
matières premières importées			134,7	153,96	192,45												
remboursement du prêt étranger(1)			75	75	75	75	75	75	75	75							
intérêts du prêt étranger (1)	45	90	90	78,5	67,5	56,3	45	33,8	22,5	11,2							
B. Gains en devises	600		633,2	723,7	904,60												
apport en devises (1)	600																
diminution des importations (2)			633,2	723,7	904,6												
Flux de devises (solde B - A)	- 304,1	- 780,9	333,5	416	554,6	580,8	592,1	588,4	614,6	626	697,1	- 66	712	697,2	712	712	600,4
Coefficient d'actualisation (3)	1	0,91	0,82	0,75	0,68	0,62	0,56	0,51	0,47	0,42	0,39	0,35	0,32	0,29	0,26	0,24	0,22
Revenus en devises actualisés (3)	- 304,1	- 710,6	273,5	312	416	360,1	331,6	300,1	288,9	262,9	271,9	- 23,1	227,8	202,2	185,1	170,9	132,1
Revenus en devises actualisés cumulés (3)	- 304,1	- 1 014,7	- 741,2	- 429,2	-13,2	346,9	678,5	978,6	1 267,5	1 530,4	1 802,3	1 779,2	2 007	2 209,2	2 394,3	2 565,2	2 697,3

(1) On considère que le prêt contracté à l'étranger est le prêt A :
montant 600 millions F CPA, taux 15 %, durée 10 ans,
différé de remboursement 2,5 ans.

(2) Les montants en devises correspondant aux achats d'huile neuve à
l'étranger ont été calculés en tenant compte d'un taux de taxe
douanière s'élevant à 28,4 % du prix de vente grossiste.

(3) Le taux d'actualisation utilisé est de 10 %.

CHAPITRE 9

9. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

L'étude financière démontre que le taux de rentabilité interne du projet par rapport à l'investissement est égal à 14,4 %. Ce taux chute à 12,5 % si le montant total des investissements s'accroît de 10 %. De même, au cas où le prix d'achat de la matière première locale (huile usagée) augmenterait de 20 %, le taux de rentabilité interne serait de 13 %.

On peut donc conclure en première analyse à un projet intéressant du point de vue de la rentabilité financière.

Un point important mérite d'être retenu. Si l'on passe d'un financement (1) capitaux propres 35,1 % et emprunts 64,9 % (taux 15 et 12 %) à un financement (2) capitaux propres 25,7 % et emprunts 74,3 % (taux 12 et 10 %), on fait augmenter le TRI/capital de 16 % à 19 %.

Les autres ratios de rentabilité sont satisfaisants. On trouve en effet un seuil de rentabilité équivalent à 65 % et un temps de récupération des capitaux investis égal à 7 ans.

Ces premières conclusions nous amènent à émettre les recommandations suivantes.

- o Dans une première phase (novembre 86 à avril 87) on propose de mettre en place le système de collecte des huiles usagées avec un faible investissement (5 M FCFA) en fûts et cuves de stockage. Le produit de la collecte serait vendu comme combustible. Le ramassage et le transport des huiles usagées seraient confiés à une société de transport. Le coût de location d'un camion citerne équipé d'une pompe se situerait aux alentours de 20 à 25 FCFA par litre d'huile transporté. Le système et l'organisation de la collecte seraient ainsi testés.
- o Une analyse des résultats de la collecte ainsi que des études plus approfondies sur le projet seraient entreprises en avril 1987. La décision d'investir se situerait à cette date après l'exécution d'une nouvelle étude de faisabilité.

- o Les négociations avec les banques au vu de cette première étude de faisabilité seraient commencées dès octobre 1986 et seraient finalisées en juillet 1987. Les appels d'offre pour le bâtiment et l'équipement seraient lancés après l'achèvement des études approfondies (caractéristiques et cahier des charges).

- o Tout en poursuivant la collecte pendant la phase préparatoire (novembre 86-juillet 87), il y a lieu d'entreprendre, d'une part, des études sur la collecte dans les pays voisins: GHANA et BENIN (quantification du marché et organisation de la récupération des huiles usagées), d'autre part, des négociations avec les autorités du Gouvernement Togolais en vue de rendre plus efficace l'organisation et le contrôle de la récupération au TOGO. Une réglementation nationale précise doit être émise à ce sujet.

- o Du point de vue de l'économie nationale, le projet représente un grand intérêt. La valeur actualisée nette des flux de devises atteint 2,7 milliards FCFA sur une période de 15 ans. Par ailleurs, le taux de valeur ajoutée nette nationale est supérieure à 50 % dès la 3e année de production.

- o Compte tenu des conclusions de l'étude financière et de l'étude économique on recommande d'entreprendre sans tarder les études complémentaires pour la réalisation du projet. On recommande de la même façon de tester dans les meilleurs délais le système de collecte, élaboré au cours de la mission au TOGO du 26.5. au 23.6.1986.

- o On recommande enfin de s'inspirer de l'expérience de collecte et de régénération des huiles usagées au Senegal en vue d'en tirer le meilleur parti possible pour le cas du projet Togolais. On retiendra en particulier la nécessité d'intéresser à ce projet une société de produits pétroliers qui commercialise déjà des huiles lubrifiantes au TOGO.

Il convient par ailleurs de rappeler le rôle important des Pouvoir Publics dans un tel projet et la nécessité de mettre en place un code de l'environnement appuyé par une législation et un contrôle sur les huiles usagées.

ANNEXE I

**LES ANALYSES DE LABORATOIRE DES
ECHANTILLONS PRELEVES**

**Pour des informations détaillées voir le rapport
"Used Oil Analyses of Togo", rédigé par M. Mohavedi.**

Les échantillons suivants ont été prélevés au Togo:

No.	Date	Location
1	10/6/86	petit garage près d'Atakpamé
2	10/6/86	Atakpamé, CEET
3	5/6/86	Lomé, STTR, compagnie de transport
4	4/6/86	Lomé, Peugeot-Mitsubishi
5	4/6/86	Lomé, Garage RIT

Résultats des analyses:

	Echantillons				
	1	2	3	4	5
Densité à 15°C (g/cm ³)	0,902	0,902	0,912	0,900	0,911
Point d'inflam- mabilité (°C)	210	238	238	206	240
Viscosité à 40°C (cSt)	114	165	145	115	139
Soufre (% de masse)	0,72	0,71	1,3	0,79	1,3
Cendres sulfatés (% de masse)	0,84	1,42	0,91	1,06	1,17
Eau (% de masse)	3,0	0,1	0,1	0,2	3,8
Sédiments (% de masse)	0,1	0,1	0,8	0,1	0,1
Distillation: point initial d'ébullition (°C)	160	223	212	211	152
% de volume jusqu'à 350 °C	17	14	12,5	14	14
Chlore (% de masse)	0,14	0,06	0,14	1,02	0,46
Plomb (ppm)	395	12,2	202	4139	1698
Zinc (ppm)	679	818	792	610	726
Chrome (ppm)	16,7	0,6	6,4	9,8	6,0
Cadmium (ppm)	0,62	0,50	0,72	0,47	0,80
Mercure (ppm)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
PCB (ppm)	4,9+20% relatif	< 3,0	< 3,0	37,8+10% relatif	< 3,0

ANNEXE II

**CARACTERISATION PRINCIPALE
DES RISQUES ENCOURUES PAR
L'INCINERATION DES HUILES USAGEES**

RISQUE ENCOURUS PAR LA COMBUSTION DES HUILES USAGÉES

L'huile usagée peut être utilisée dans certains procédés industriels, par exemple:

- a. production de vapeur
- b. séchage
- c. mélange au fuel pour l'incinération des ordures ménagères au niveau d'une unité municipale.

La combustion d'huiles usagées a augmenté considérablement les dernières années. Cette augmentation rapide s'explique par des niveaux de prix élevés du fuel oil. On constate qu'il est possible d'acheter l'huile usagée à un prix 50 % inférieur au prix du fuel oil produit à partir du pétrole.

Néanmoins, la combustion des huiles usagées présente des inconvénients du point de vue du brûleur et des émissions dans l'atmosphère. Ces effets négatifs peuvent être évités moyennant une conception appropriée des brûleurs et un contrôle de fonctionnement.

Les huiles usagées employées comme combustible dans les brûleurs de chaudières peuvent provoquer l'encrassement et une détérioration accélérée de l'injecteur.

L'accumulation progressive de dépôts de matières solides sur les tubes de la chaudière peut réduire considérablement le transfert de chaleur et de l'efficacité de la chaudière. Par ailleurs la combustion des huiles usagées peut avoir des impacts sur l'environnement. Ces impacts dépendent grandement du type et des quantités d'huiles usagées brûlées ainsi que des conditions de fonctionnement du brûleur et des conditions météorologiques.

Des études ont montré que les huiles usagées peuvent contenir des quantités importantes de barium, plomb, vanadium, bore, molybdène, mercure, titane et autres métaux toxiques. La mise à l'état libre de ces métaux à certaines concentrations peuvent mettre en danger l'industriel et le public. On estime

qu'environ la moitié des cendres provenant des matières solides contenues dans les huiles usagées sont émises dans l'atmosphère lors de la combustion.

Le nettoyage des tubes de chaudières et des foyers de combustion présente un risque important pour la santé. Plus le contenu en cendres est élevé plus fréquent est le nettoyage. Après ce nettoyage les poussières libérées présentent un grand risque pour l'industriel. L'évacuation de ces cendres doit être faite sous contrôle.

Enfin la présence d'essence dans les huiles usagées présente des risques d'explosion de la chaudière.

Lorsque l'on utilise l'huile usagée comme combustible, on doit tenir compte également des problèmes suivants:

- a) L'huile usagée doit être brûlée dans des brûleurs adaptés
- b) La différence entre le prix du fuel oil et le prix le plus bas de l'huile usagée doit couvrir en partie les coûts d'entretien (nettoyage des tubes de la chaudière et des filtres à huile).
- c) Les métaux contenus dans les additifs d'huiles usagées sont éliminés à l'état de particules solides. Une partie de celles-ci sont émises à l'état de poussières dans l'atmosphère et conduisent à s'équiper d'un système de filtrage des gaz brûlés.
- d) La haute teneur en soufre et en chlore de certaines huiles usagées provoque la corrosion des fours et provoque l'émission de SO_2 et HCl. Ces émissions toxiques réclament des systèmes de filtrage des gaz.
- e) La teneur éventuelle de certaines huiles en produits à base de polychlorures de phényles (PCB) présente de graves dangers pour la santé. On remarque néanmoins que les huiles usagées du TOGO ne contiennent que peu de ces produits.

ANNEXE III

**RAPPORT SUR LES
ANALYSES D'HUILES USAGEES
AU TOGO**

**D'après les travail
de
Rassoul Movahedi
Analyste Chimiste**

Je tiens beaucoup à remercier Mme. S. Maltezou, qui m'a rendu possible de me concentrer uniquement sur les problèmes de la pollution. J'ai beaucoup apprécié sa collaboration et celle de ma compagnie (Gesellschaft für Umweltschutz), grâce à laquelle j'ai eu l'occasion de réaliser cette étude.

1. Résumé

2. Buts de la tâche

3. Résultats des analyses et méthodes employées
 - 3.1. Densité
 - 3.2. Teneur en eau
 - 3.3. Sédiments
 - 3.4. Viscosité
 - 3.5. Point d'inflammabilité
 - 3.6. Soufre
 - 3.7. Chlore
 - 3.8. PCB (polychlorinated biphenyls)
 - 3.9. Cendres sulfatées
 - 3.10. Distillation (caractéristiques)
 - 3.11. Analyses des métaux lourds
 - 3.12. Liste des résultats

4. Méthodes possibles de manipulation et d'élimination d'huiles usagées
 - 4.1. Introduction
 - 4.2. Définition de l'huile usagée
 - 4.3. Re-raffinage d'huile usagée
 - 4.3.1. Différents procédés de re-raffinage
 - 4.3.2. Effets écologiques des procédés de re-raffinage
 - 4.3.2.1. Élimination du goudron acide
 - 4.3.2.2. Élimination de l'argile usagée
 - 4.4.1. Combustion d'huile usagée
 - 4.4.1.1. L'huile usagée comme seul combustible
 - 4.4.1.2. L'huile usagée en combinaison avec d'autres combustibles
 - 4.4.2. Aspects technologiques de la combustion d'huile usagée

5. Bibliographie

- Annexe : Rapport bref concernant les PAH etc. dans l'huile lubrifiante Norsk Petroleums Institutt

1. Résumé

Les résultats des analyses du chapitre 3 montrent qu'au Togo les problèmes de l'huile usagée ne sont pas graves et peuvent être maîtrisés. Afin de ne pas répéter les fautes commises par les pays industrialisés, il est très important de réaliser les conséquences écologiques et économiques de l'huile usagée aussitôt que possible. Comme les facteurs économiques exact du Togo ne sont pas connus, le présent rapport traite avant tout les problèmes des pays industrialisés.

La rentabilité est un facteur qui, dans certains cas, ne devrait pas être négligé. En ce qui concerne par exemple les pays où l'huile usagée n'est pas collectée, une incitation économique pourrait mener à la collecte de la majorité de l'huile usagée, qui autrement disparaîtrait quelque part. La production d'huile lubrifiante pourrait être une telle incitation.

Il existe une variété de technologies de production d'huile lubrifiante par recyclage d'huile usagée. Le présent rapport les traitera brièvement.

Le re-raffinage d'huile usagée est presque toujours accompagné d'une production de déchets de fabrication (goudron acide, argile active décolorante acide) dangereux pour l'environnement et dont l'utilisation ou l'élimination doivent être consciencieusement pris en considération. Par ailleurs les eaux résiduelles séparées lors du prétraitement ou du re-raffinage contiennent une multitude d'impuretés (grand COD, BOD₅, TOC, chlorures, phosphates, phénols etc.) et requièrent un traitement spécial.

L'Allemagne de l'Ouest, qui re-raffine une grande quantité d'huile usagée, est confrontée avec de sérieux problèmes. La grande teneur de l'huile usagée en PCB (polychlorinated bi-

phenyls) et en sous-produits tels que le PCDF (polychlorinated dibenzo-furane) et le PCDD (polychlorinated dibenzo-p-dioxine mieux connu comme "Poison de Seveso), des produits qui peuvent aussi être trouvés dans d'autres huiles re-raffinées, est particulièrement problématique. (21)

A part des difficultés mentionnées, il y a aussi le problème des PAH (polyaromatic hydrocarbons). Le rapport ci-joint "Report of the Norsk Petroleum Institutt" contient des informations plus détaillées sur ce sujet. Ces PAH carcinogènes se trouvent surtout dans l'huile re-rafinée.

Mis a part l'aspect économique, l'environnement sera moins chargé si l'huile usagée est soumise à un re-raffinage par un procédé approprié et écologiquement inoffensif qui fournit de l'huile combustible. Cette huile combustible peut par la suite servir comme source d'énergie (la génération d'énergie électrique est possible). Elle ne devrait pas être transformée en huile lubrifiante, parce que le résultat serait une accumulation de substances dangereuses.

Une autre possibilité pour se débarrasser de l'huile usagée tout en profitant de sa teneur en énergie est de l'utiliser comme combustible pour la production de ciment, de briques ou d'asphalte. Dans ce cas l'huile usagée devrait cependant être soumise à un pré-traitement minimum. (La séparation de l'eau et des composantes très volatiles est conseillée.)

La combustion d'huile usagée contaminée par des PCB ou par une grande quantité de substances organiques chlorurées est uniquement possible à l'aide de chaudières à haute température (température au moins 1200°C avec un temps de rétention de plusieurs secondes) ou bien dans un four à ciment. La combustion dans des chaudières normales résulte en une formation de substances extrêmement toxiques comme le PCDF ou le PCDD.

D'autres méthodes d'élimination d'huile usagée, comme la décharge dans des eaux naturelles, l'addition aux matériaux de construction de routes et toute autre méthode inconsidérée, doivent être strictement interdites. Le cas de Times Beach, Missouri, une ville qui a dû être évacuée et abandonnée après la construction de routes avec de l'huile usagée contenant des PCB, du PCDF et du PCDD, doit être considéré comme un avertissement.

Pour toutes les autres méthodes d'élimination d'huile usagée, comme la décomposition biologique, la conversion en d'autres produits, le "composting" ou la déposition sur les décharges industrielles, une application appropriée et écologiquement inoffensive n'est pas possible. Pour cette raison ces procédés ne sont pas mentionnés dans ce rapport.

2. But de la tâche

Dr. Zoidl (Austroplan) a délivré les cinq échantillons d'huile usagée suivants :

<u>No.</u>	<u>Date</u>	<u>Location</u>	<u>Remarques</u>
1	10/6/86	petit garage près d'Atakpamé	prélève d'un fût d'huile usagée du garage env. 100 l par mois
2	10/6/86	Atakpamé CEET	prélève d'un fût
3	5/6/86	Lomé STTR Compagnie de transport	huile de camion prélevé d'un fût déjà stocké
4	4/6/86	Lomé Peugeot Mitsubishi	voitures privées predominantes prélevé d'un fût clos
5	4/6/86	Lomé Garage RIT	réceptient d'huile non couvert (mélange d'huiles de diesel, de moteur et d'engrenage. l'échantillon a été prélevé après de fortes pluies

Les analyses suivantes ont été stipulées par contract :

- | | |
|---------------------------|------------------------------------|
| 1. densité | 6. soufre |
| 2. teneur en eau | 7. chlore |
| 3. sédiments | 8. PCB (polychlorinated biphenyls) |
| 4. viscosité | |
| 5. point d'inflammabilité | |

En outre, les cendres sulfatées et les caractéristiques de distillation ont été déterminées. Une analyse des métaux lourds a également été effectuée.

Le chapitre 4 contient un commentaire des problèmes des pays industrialisés en ce qui concerne l'huile usagée.

3. Résultats des analyses et méthodes employées

3.1. Densité a 15°C: déterminée selon DIN 51 757,
méthode A (aéromètre)

échantillon	densité (g/cm ³)
No 1	0,902
No 2	0,902
No 3	0,912
No 4	0,900
No 5	0,911

3.2. Teneur en eau: déterminée selon DIN 51 786
(méthode au xylène)

échantillon	teneur (‰ de masse)
No 1	3,0
No 2	0,1
No 3	0,1
No 4	0,2
No 5	3,8

3.3. Teneur en sédiments: déterminée selon DIN 150 3735
(méthode à extraction)

échantillon	teneur (‰ de masse)
No 1	0,1
No 2	0,1
No 3	0,8
No 4	0,1
No 5	0,1

- 3.4. Viscosité: déterminée selon DIN 51 562, 1. partie
mesure de la viscosité cinématique avec
viscosimètre Ubbelohde

échantillon viscosité à 40°C (mm²/s)

No 1	114
No 2	165
No 3	145
No 4	115
No 5	139

- 3.5. Point d'inflammabilité: déterminé selon DIN 150 2592
méthode Cleveland, dans le
creuset non couvert

échantillon (°C)

No 1	210
No 2	238
No 3	238
No 4	206
No 5	240

- 3.6. Soufre: l'huile a été incinérée dans un fourneau a in-
duction à haute fréquence, par la suite titra-
tion iodométrique selon ASIM D 1552
Equipement de LECO, USA

échantillon teneur (‰ de masse)

No 1	0,72
No 2	0,71
No 3	1,30
No 4	0,79
No 5	1,30

3.7 Teneur en chlore: déterminée selon DIN 51 577,
 1. partie, incinération suivant Grote-Krekeler (procédé d'incinération b) et détermination analytique au nitrate d'argent et au sulfocyanate d'ammonium

échantillon	teneur (‰ de masse)
No 1	0,14
No 2	0,06
No 3	0,14
No 4	1,20
No 5	0,46

3.8. Teneur en PCB (polychlorinated biphenyls):

Comme il n'existe aucune méthode standardisée pour la détermination des PCB, l'analyse a été effectuée de la façon suivante :

Méthode analytique:

Après son traitement à chromatographie liquide, la teneur en PCB de l'échantillon a été déterminé par chromatographie à gaz.

Prétraitement:

masse de l'échantillon	10 - 20 mg
phase stationnaire	Florisil
quantité de phase stationnaire	500 - 600 mg
éluant	4 ml n-hexane

Détermination par chromatographie a gaz:

Equipement	CARLO ERBA MEGA 5160
Detecteur	CARLO ERBA ECD 400
Colonne chromatographique	30 m DB-5, épaisseur de la couche: 0,25 m, 0,25 mm ID, silice fondue
Programme de température	185 - 225°C (2°C/min, 10 min iso)
Gaz porteur	hydrogène, pression préliminaire: 0,75 bar
Gaz de base	azote 5.2, pression préliminaire: 2,0 bar

Evaluation

Les signaux obtenus ont été comparés aux standards suivants: PCB 30, PCB 42, arachlor 1254, PCB 60, clophen 60, arachlor 1260 et arachlor 1268.

La quantification a été effectuée par calibrage externe.

La gamme de temps de rétention obtenue à partir des chromatogrammes des standards a été examinée pour chaque échantillon afin de retrouver les signaux typiques des standards. Ces derniers ne pouvant être retrouvés dans aucun des cas, l'évaluation a été basée sur les quelques signaux obtenus dans le secteur correspondant aux biphenyles chlorures à environs 18 à 40%.

Afin de quantifier ces signaux, des constantes de calibration individuelles ont été calculées à partir des signaux des standards.

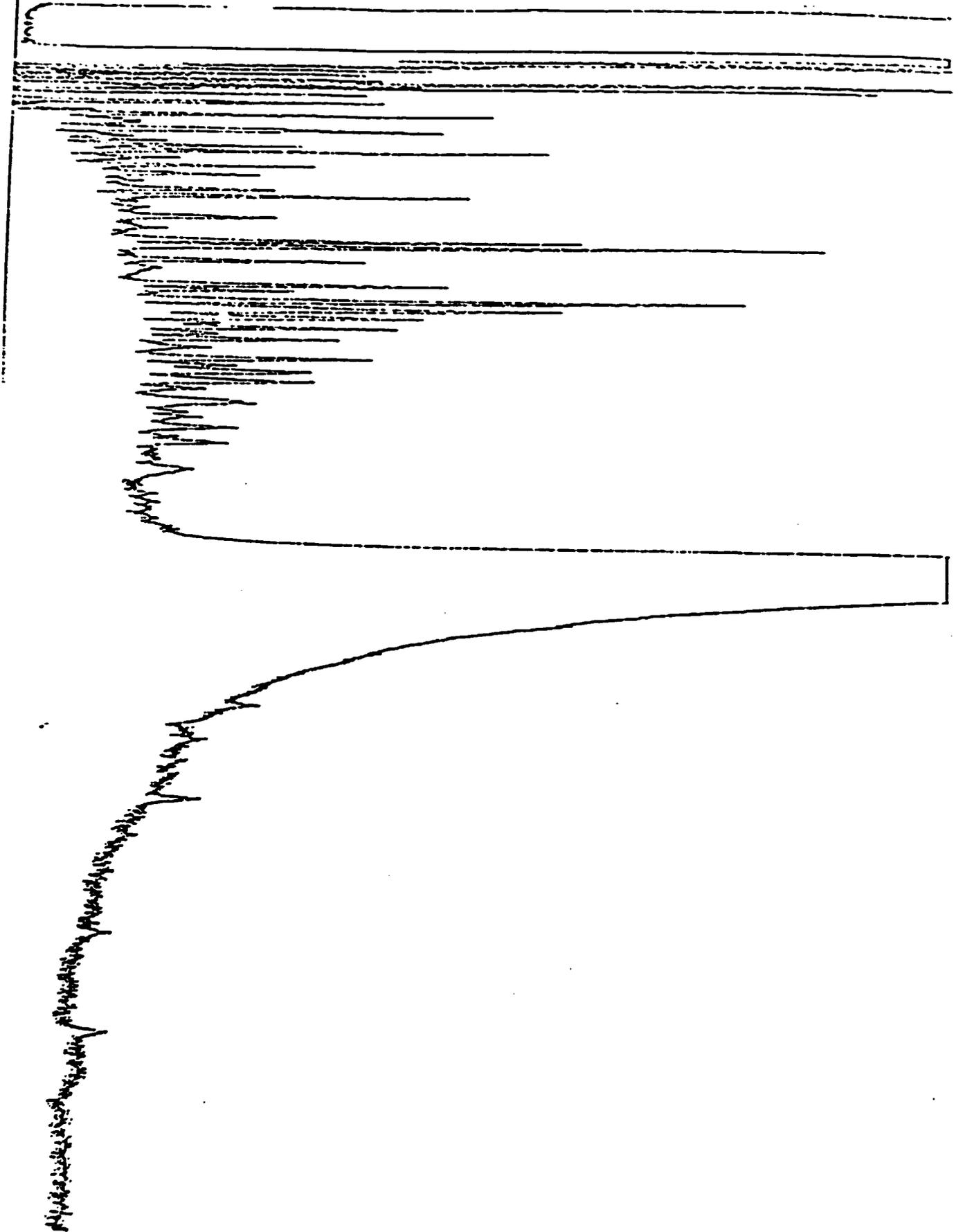
Le signal assez large de l'échantillon No 1 au temps de ré-

tention d'environ 10 minutes ne contient pas de biphenyles chlorures et n'a par conséquent pas été pris en considération.

Résultats des analyses

échantillon No 1	4,9 ppm +/- 20% relatifs
échantillon No 2	<3,0 ppm
échantillon No 3	<3,0 ppm
échantillon No 4	37,8 ppm +/- 10% relatifs
échantillon No 5	<3,0 ppm

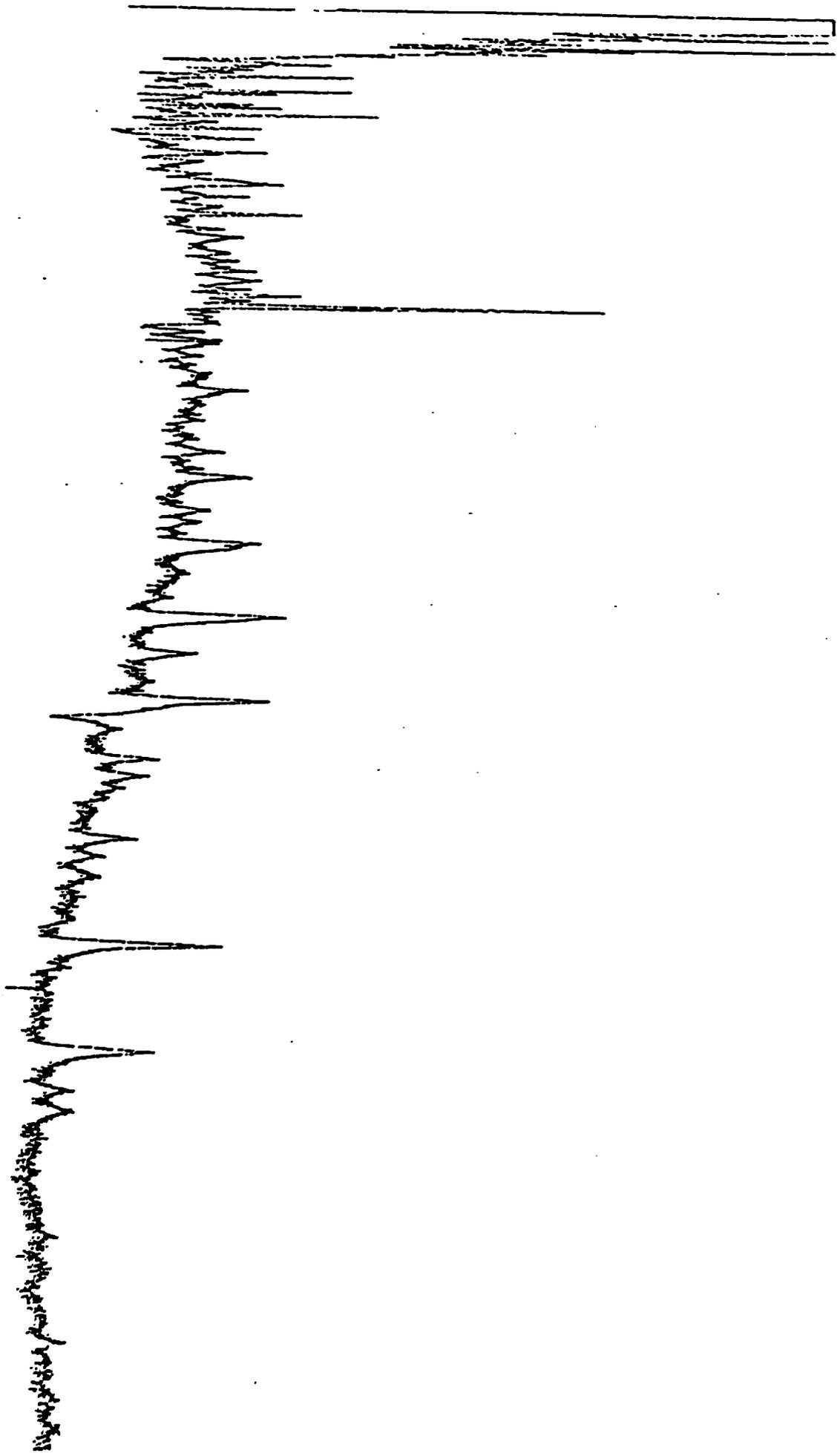
échantillon No. 1



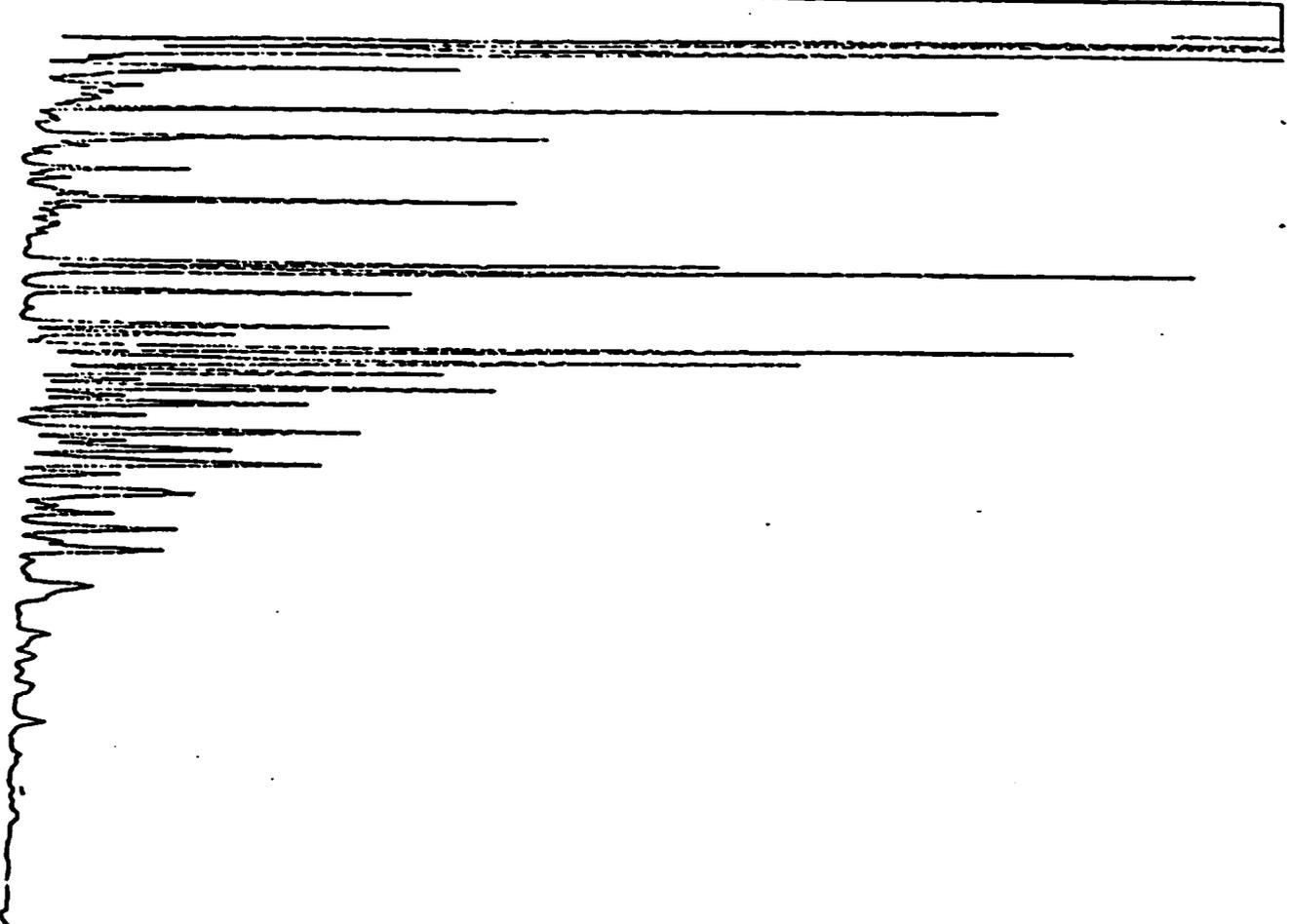
échantillon 2



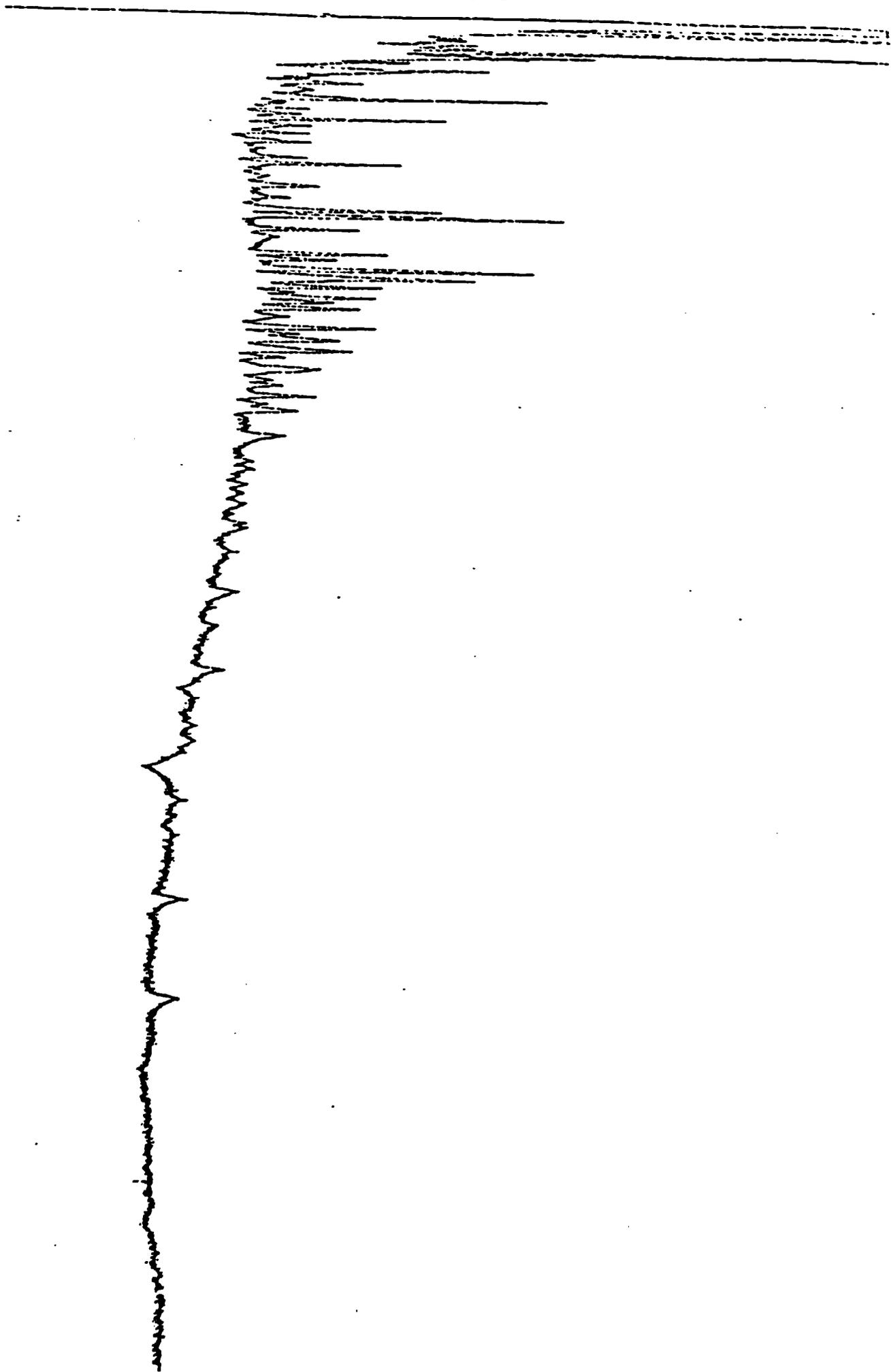
échantillon 3



échantillon 4



échantillon 5



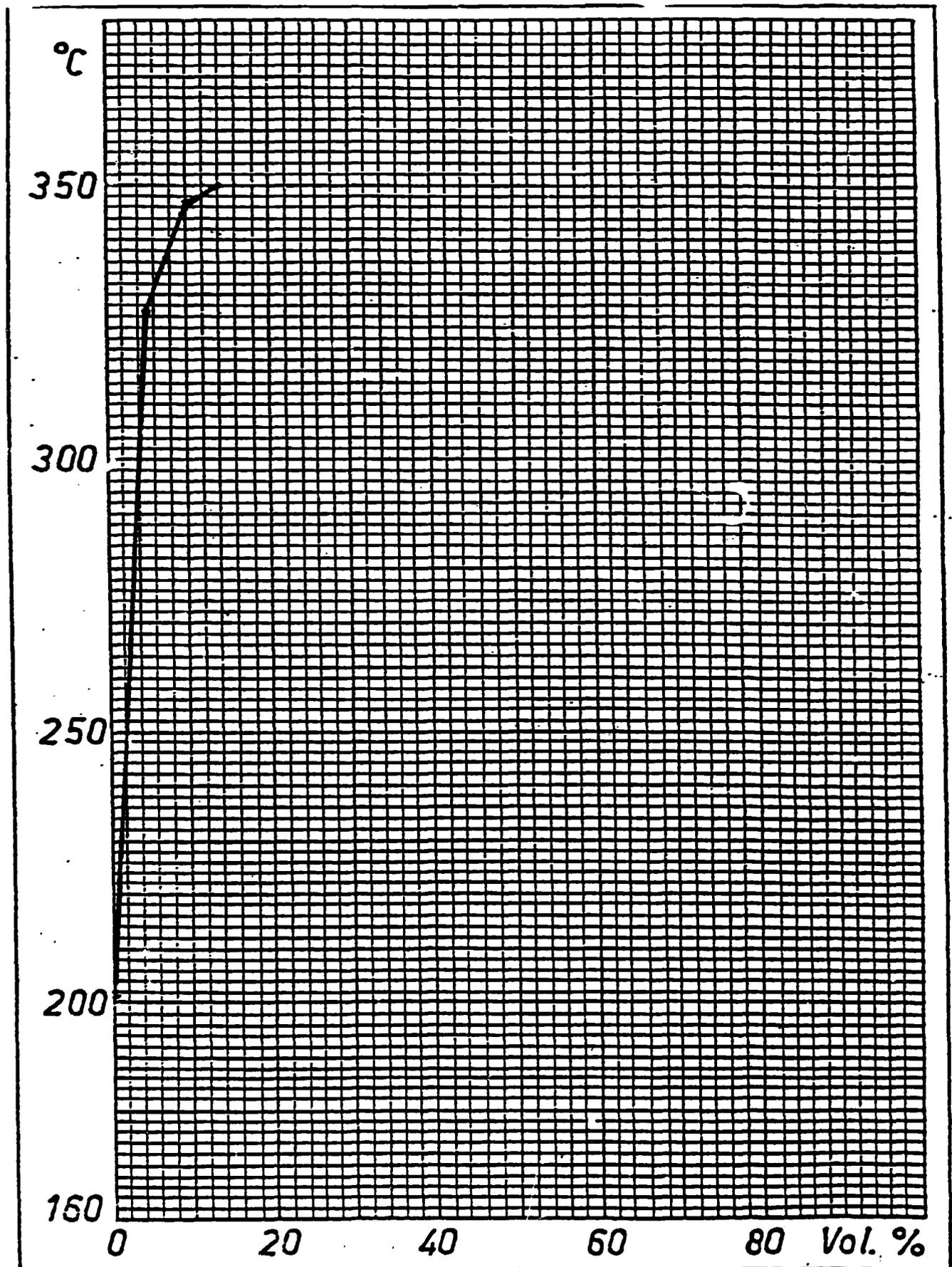
3.9. Cendres sulfatées: déterminées selon DIN 51 575

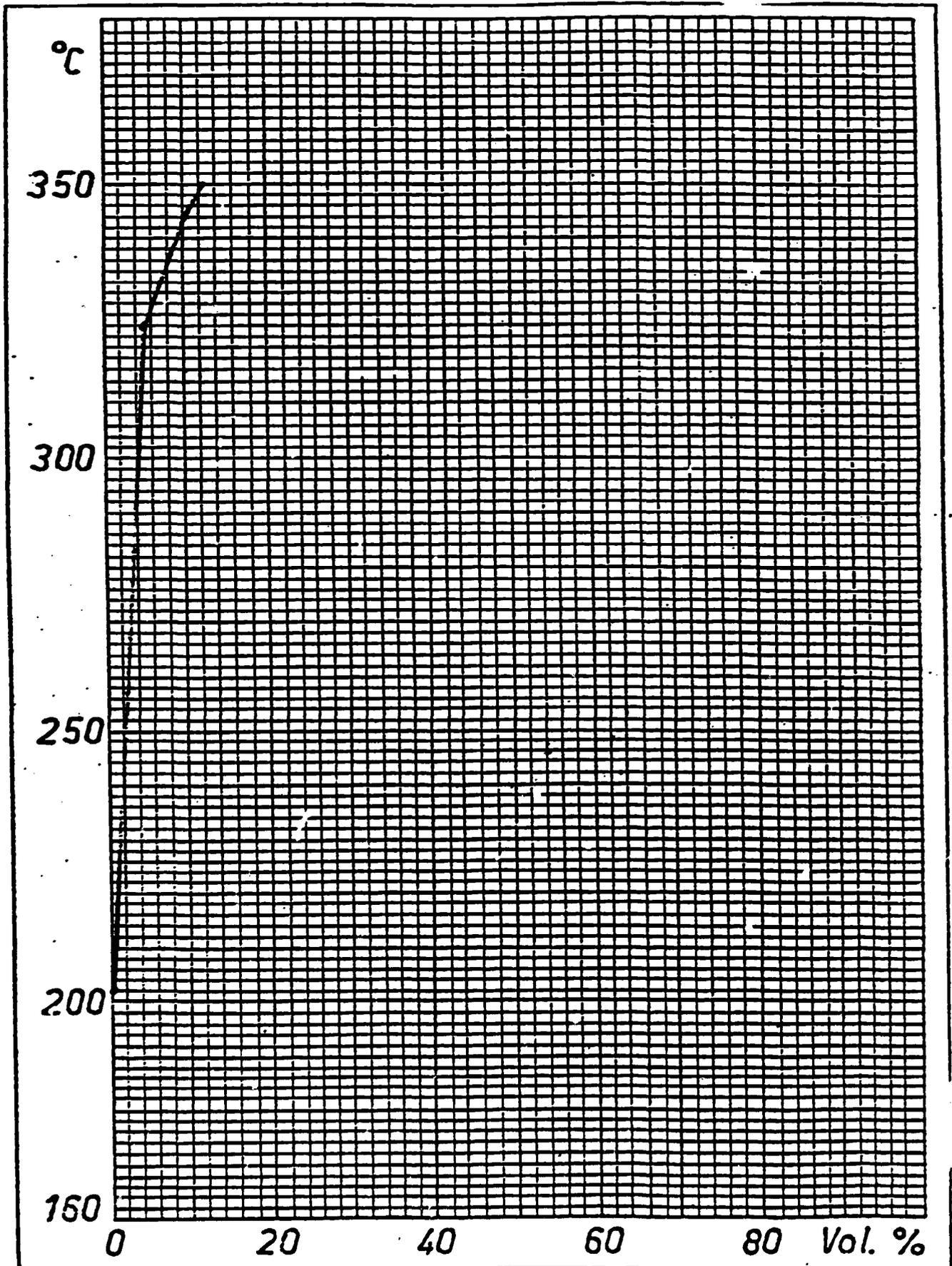
échantillon	cendres (‰ de masse)
No 1	0,84
No 2	1,42
No 3	0,91
No 4	1,06
No 5	1,17

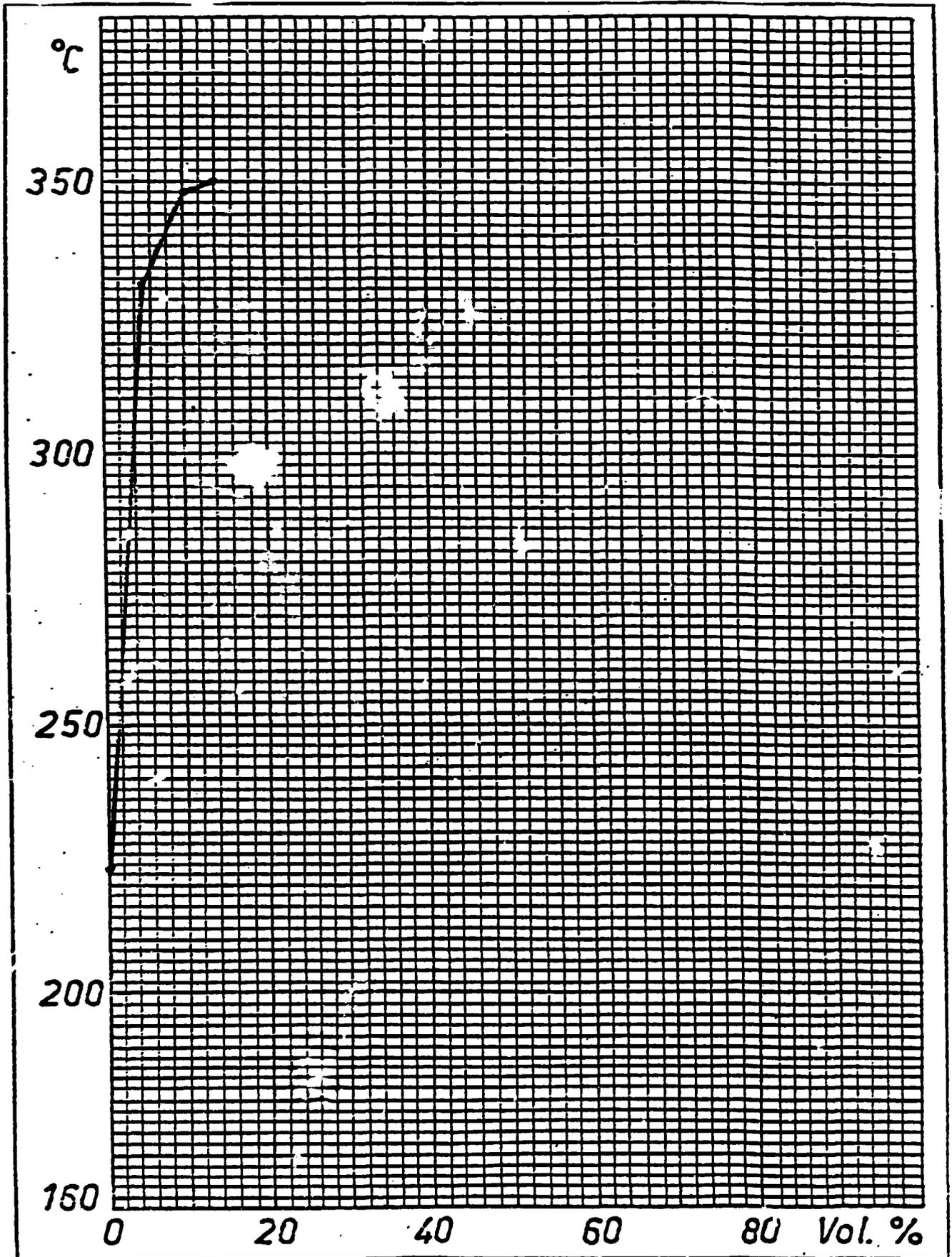
3.10. Distillation: Elle sert à déterminer les impuretés volatiles. Effectuée selon DIN 51 751 (détermination des caractéristiques de distillation de produits à base des huiles minérales. Le point d'ébullition initial (non corrigé) et le volume de distillat collecté jusqu'à un point d'ébullition de 350°C. L'échantillon No 5 a du être déshydraté préalablement.

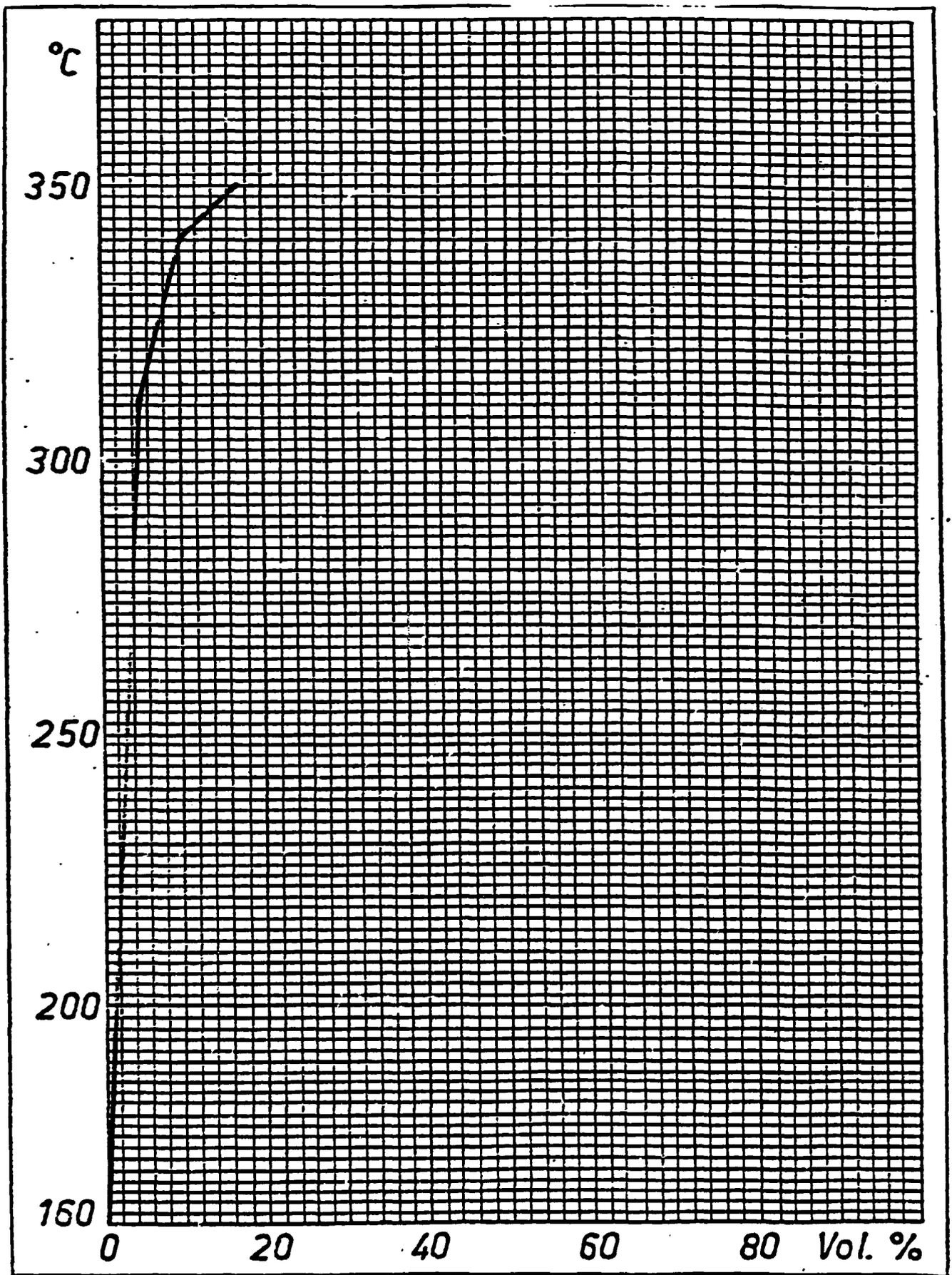
échantillon	point d'ébullition (°C)	volume de distillat jusqu'à 350°C (‰ de volume)
No 1	160	17
No 2	223	14
No 3	212	12,5
No 4	211	14
No 5	152	14

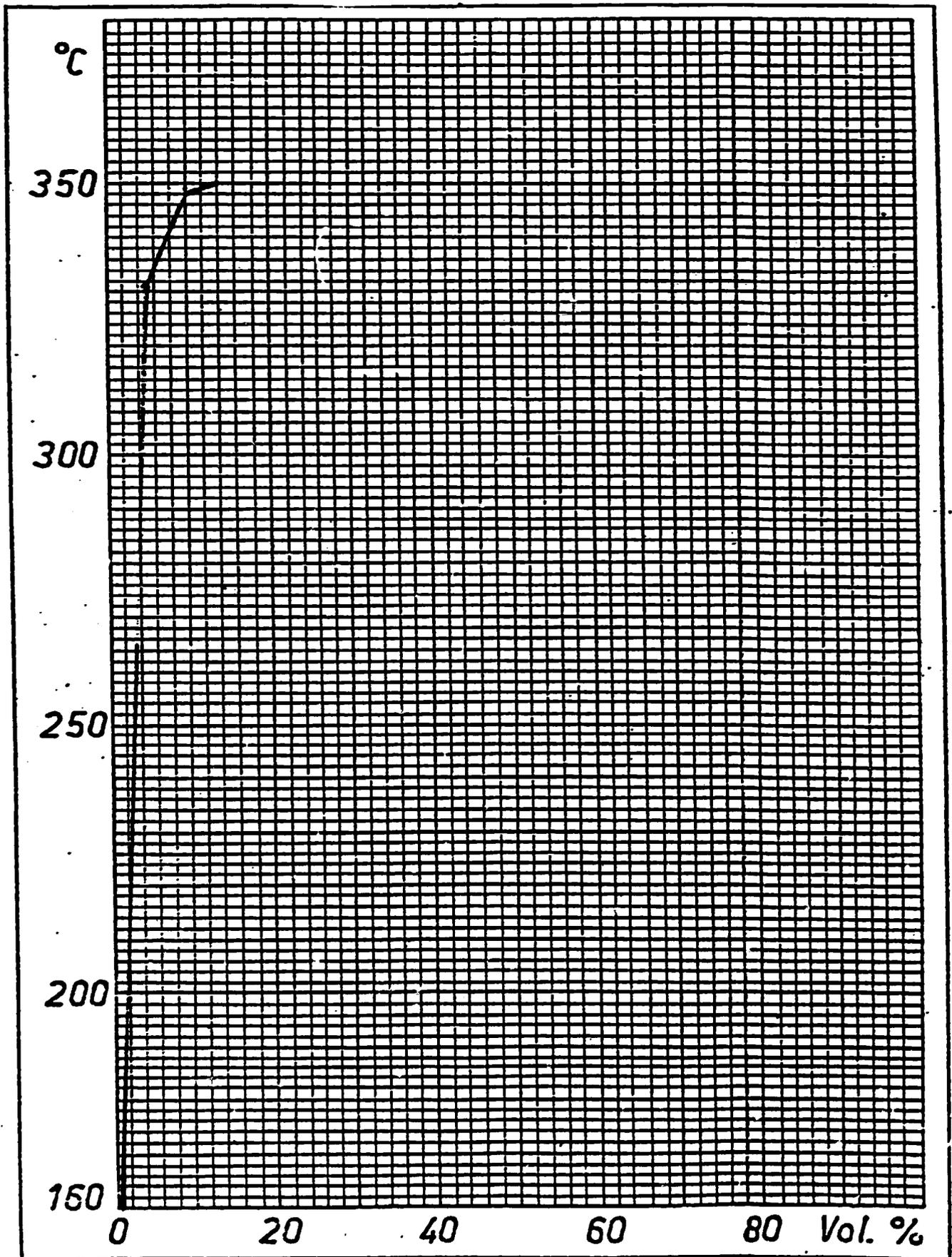
Voir les diagrammes 1 a 5











5.11. Analyses des métaux lourdsPréparatifs:

5 g de l'échantillon d'huile bien agité ont été mélangés avec de la cétone méthyle-isobutylique jusqu'à la dissolution totale de l'échantillon.

Les échantillons de calibrage ont été préparés en dissolvant des standards liposolubles de MERCK dans la cétone méthyle-isobutylique en concentrations appropriées.

Mesurage:

ICP spectromètre simultané

Les paramètres du brûleur et de l'excitation ont été optimisés pour solutions organiques.

Remarques:

Les particules métalliques dues à l'abrasion ont tendance à se répartir de façon non homogène dans l'échantillon d'huile usagée. De plus grandes particules peuvent boucher les capillaires de l'atomiseur. Dans ce cas l'échantillon doit être homogénéisé et des mesurages doubles doivent être effectués.

échantillon	Zn(ppm)	Cd(ppm)	Cr(ppm)	Pb(ppm)	Hg(ppm)
No 1	679	0,62	16,7	395	<0.1
No 2	818	0,50	0,6	12,2	"
No 3	792	0,72	6,4	202	"
No 4	610	0,42	9,8	4139	"
No 5	726	0,80	6,0	1698	"

3.12. Liste des résultats

	échantillon				
	1	2	3	4	5
Densité a 15°C (g/cm ³)	0,902	0,902	0,912	0,900	0,911
Point d'inflammabilité (°C)	210	238	238	206	240
Viscosité a 15°C (mm ² /s)	114	165	145	115	139
Teneur en soufre (‰ de masse)	0,72	0,71	1,30	0,79	1,30
Cendres sulfatées (‰ de masse)	0,84	1,42	0,91	1,06	1,17
Teneur en eau (‰ de masse)	3,0	0,1	0,1	0,2	3,8
Teneur en sédiments (‰ de masse)	0,1	0,1	0,8	0,1	0,1
Distillation:					
Point d'ébullition initial (°C)	160	223	212	211	152
Volume de distillat - 350°C (°C)	17	14	12,5	14	14
Teneur en chlore (‰ de masse)	0,14	0,06	0,14	1,02	0,46
Plomb (ppm)	395	12,2	202	4139	1698
Zinc (ppm)	679	818	792	610	726
Chrome (ppm)	16,7	0,6	6,4	9,8	6,0
Cadmium (ppm)	0,62	0,50	0,72	0,47	0,80
Mercure (ppm)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
PCB (ppm)	4,0 ± 20% rel.	<3,0	<3,0	37,8 ± 10% rel.	<3,0

4. Méthodes possibles de manipulation et d'élimination d'huile usagée

4.1. Introduction

Après le choc provoqué par plusieurs graves accidents industriels avec des conséquences des fois désastreuses pour l'environnement, l'opinion publique est devenue sensible au problème de l'huile usagée. Cela a aussi été encouragé par le progrès et l'amélioration des méthodes analytiques.

Bien que l'utilisation et l'élimination de l'huile usagée représentent un grand problème pour les pays industrialisés, il n'existe aucune étude qui traite les problèmes écologiques aussi bien que les questions techniques et économiques. Nous devons être conscient du fait qu'une industrialisation croissante ne nous fournit pas seulement un niveau de vie plus élevé, mais conduit aussi à de plus grandes quantités de déchets industriels. On se réfère parfois au fait que les quantités d'huile de moteur sont stagnantes grâce aux intervalles d'inspection de plus en plus longs et grâce aux nouveaux moteurs de taille réduite. En réalité, l'usage croissant d'additifs mène à une charge supplémentaire pour l'environnement. La teneur moyenne des huiles de moteurs en additifs se situe entre 15 et 17 % (de volume). Désormais l'huile usagée ne doit plus être manipulée de façon inconsidérée comme dans le passé.

Le présent rapport essaye de présenter autant de processus que possible, grâce auxquels l'huile usagée peut être utilisée ou éliminée, sans oublier les désavantages écologiques.

4.2. Définition de l'huile usagée

Il est très difficile de définir le terme d'huile usagée d'une façon générale. En principe il s'agit de distinguer entre l'huile usagée et l'huile de déchet. (2)

Les définitions suivantes ont pour but d'expliquer le terme "huile usagée" de façon plus claire.

1.) Les huiles usagées sont des huiles d'origine minérale ou synthétiques, les résidus respectifs, des produits de production, de transport ou de stockage, qui ne contiennent pas de matière étrangère non résultant de leur usage. Elles doivent contenir moins de 20 % de matière solide et peuvent par conséquent ou bien servir de combustible ou bien être soumises à un re-raffinage. Des produits tels que les PCB ou les terphényles polychlorures (PCT) qui sont des composants de certaines huiles synthétiques, doivent être examinés et traités séparément. (3)

2.) L'huile usagée est définie comme huile quelconque provenant du raffinage du pétrole brut et qui, durant son utilisation, a été contaminée d'impuretés physiques ou chimiques.(4)

3.) L'huile usagée est une huile à base de pétrole qui, durant son utilisation, son stockage ou sa manipulation, est devenue inutilisable pour sa fonction originale à cause de la présence d'impuretés ou de la perte de ses propriétés originales.(5)

4.) L'huile usagée ne peut plus être utilisée comme prévu à cause de son état au moment de son utilisation antérieure. Elle peut uniquement contenir des impuretés causées par sa dégradation naturelle due à l'âge et par l'usure. L'huile usagée doit être protégée contre des impuretés tels que les solvants organiques, les huiles synthétiques, les graisses lubrifiantes, les laques et vernis, les substances polymères

liposolubles, l'eau et les matières solides étrangères. (6)

5.) Les huiles usagées sont des matières semi-liquides ou liquides usagées, qui consistent entièrement ou partiellement d'huile minérale ou synthétique. Inclus sont aussi des résidus oléagineux de citernes, des émulsions et des mélanges d'huiles et d'eau contenant au moins 4 % d'huile. Des substances autres que de l'huile ne peuvent être ajoutées que si elles sont nécessaires pour l'utilisation ou l'affinage. Les huiles synthétiques composées de biphényles ou de terphényles polychlorures doivent être éliminées séparément.(7)

6.) Les huiles usagées sont des huiles minérales usagées, des produits d'huile minérale usagés et des résidus contenant de l'huile minérale qui proviennent des réservoirs de stockage, d'affinage ou de transport.(8)

7.) Les huiles de moteur ou industrielles usagées sont des huiles minérales et synthétiques qui ne peuvent plus être utilisées de façon adéquate à cause de leur état résultant de leur usage antérieur. Les huiles provenant de l'affinage du goudron de lignite sont exclues.(9)

8.) Les huiles usagées sont des huiles lubrifiantes, c'est à dire des liquides fonctionnels à base d'huile minérale ou de goudron de lignite, qui ne peuvent plus être utilisées selon leur fonction originale à cause de leur état résultant de leur usage. Des impuretés ou mélanges avec des matières étrangères quelconques sont interdites lors de la régistation, collecte et livraison d'huile usagée.(10)

1
P

4.3. Le re-raffinage d'huile usagée

Pour le re-raffinage d'huile usagée on utilise les mêmes méthodes que pour l'affinage du pétrole brut. Plus spécialement, on essaie d'adapter les nouvelles techniques d'affinage de pétrole brut à l'affinage de l'huile usagée. Malgré cette ressemblance des différentes étapes du procédé, le reraffinage diffère pour un certain nombre de points essentiels. (11) Le procédé de re-raffinage est souvent composé d'opérations connues et appliquées dans l'affinage du pétrole brut. Selon la combinaison des opérations considérées, les conditions technologiques, écologiques, économiques et juridiques (droits de brevets) correspondantes seront modifiées. Les opérations du re-raffinage sont partagées en trois étapes:

- a.) pré-traitement
- b.) purification
- c.) traitement final

La phase de pré-traitement consiste en une séparation rudimentaire des impuretés tels que les combustibles solides prévalents et les hydrocarbures volatils. Toutes les méthodes physiques et/ou chimiques peuvent être utilisées durant l'étape de purification, qui mène à une séparation totale de toutes les impuretés contenues dans l'huile usagée. Dans la phase du traitement final, les éléments de trace (en particulier N, O et S) son et des restes de goudron acide sont éliminés au moyen d'argile active décolorante et plus récemment au moyen d'hydrogène. Ce traitement final résulte en un produit de couleur et d'apparence améliorées.

Les opérations particulières du pré-traitement sont:

- a.) filtration rudimentaire
- b.) sédimentation
- c.) centrifugation
- d.) séchage (deshydratation)

Les opérations particulières de la purification sont:

- a.) raffinage a l'acide sulfurique
- b.) raffinage aux solvants
- c.) raffinage sous vide

Les opérations particulières de traitement final sont:

- a.) traitement à l'argile décolorante
- b.) traitement à l'hydrogene

Les capacités de re-raffinage installées mondiales, opérant selon la méthode moderne, sont d'environ 350.000 à 400.000 tonnes par an. Le rendement annuel total d'huile usagée atteint environ 6 millions de tonnes dans les pays industrialisés les plus importants. Autrement dit, uniquement 5 % du rendement total peuvent être attribués à la méthode moderne. La République Fédérale Allemande par exemple re-raffine environ 55 % du rendement total en huile usagée, qui atteint plus de 300.000 tonnes par an, au moyen de la méthode "acide sulfurique-argile" classique. (12)

4.3.1. Différents procédés de re-raffinage

En outre de la méthode "acide-argile" classique, les procédés modernes de re-raffinage suivants ont atteint une certaine importance (13,14,15,16,17):

- a.) le procédé de l'IFP, qui remplace partiellement le procédé "acide-argile" par un raffinage au propane
- b.) le procédé BERG, qui se compose d'une extraction par solvant, d'une distillation fractionnée sous vide et d'un traitement final à l'argile ou à l'hydrogène

- c.) le procédé KTI, dans lequel une distillation sous vide représente une opération de purification
- d.) le procédé PROP, qui joint une purification chimique au phosphate d'ammonium à un traitement final à l'hydrogène
- e.) le procédé RECYCLON, qui sépare les impuretés présentés dans l'huile par addition de sodium
- f.) le procédé KD, qui unit un traitement thermique de distillation avec une addition de chaux simultanée

Les procédés suivants sont d'une importance mineure:

- g.) le procédé SOPALUNA
- h.) le procédé MATTHYS
- i.) le procédé SNAMPROGETTI
- j.) le procédé RTI
- k.) le procédé KRUPP
- l.) le procédé IFP-"solvant-ultrafiltration"

Vu la perte de qualité de l'huile usagée, due à l'importance croissante des huiles à teneur plus élevée en additifs (huiles multigrades) et aux intervalles entre les vidanges de plus en plus longs, la méthode "acide-argile-distillation par contact a chaud" semble être de moins en moins approprié du point de vue technologique. La séparation du goudron acide en particulier devient de plus en plus difficile à cause de substances dispersives contenues dans l'huile usagée. Le caractère corrosif de l'acide sulfurique et l'effet abrasif de l'argile résultent en une usure intolérable de l'installation de distillation par contact a chaud. (11)

Les autres désavantages des procédés à l'acide sulfurique, à l'argile et à contact à chaud sont les suivants:

a.) L'utilisation de l'acide sulfurique et de l'argile mène a une grande quantité de sous-produits qui, spécialement dans le cas du goudron acide, ne peuvent pas être éliminés et représentent un risque écologique plus grand que l'huile usagée elle même.

b.) La décharge industrielle conventionnelle du goudron acide de plus en plus difficile et problématique, sinon interdite. D'autre part, le traitement d'huile usagée d'une qualité réduite à cause de sa teneur croissante en additifs requiert de plus grandes quantités de réactifs chimiques. Par conséquent, le rendement du raffinage diminue à cause des pertes d'huile contenue dans le goudron acide et dans l'argile usagée. Les frais d'élimination des sous-produits sont très sensibles aux prix des produits chimiques en général. L'application d'un procédé "acide-argile" demande une sélection prudente des huiles usagées a re-raffiner. Les huiles synthétiques aussi bien que certains additifs peuvent seulement être éliminées partiellement par l'acide sulfurique.

L'opération caractéristique du procédé SELEKTOPROPAN-acide sulfurique de l'Institut Français du Pétrole (IFP) consiste en une extraction de l'huile au moyen de propane liquide. De manière semblable à celle appliquée lors de la séparation de l'asphalte du propane dans la production du Brightstock, le propane est remis en circulation après sa séparation du mélange huile-propane. Par la suite, l'huile est soumise a une purification à l'acide sulfurique, à un traitement final à l'argile décolorante et à une distillation fractionnée sous vide. Cependant ce procédé n'est pas encore exempt de problèmes techniques, et il a seulement été testé dans deux installations a l'échelle industrielle.

Afin d'éviter les désavantages écologiques et économiques qui surviennent lors du traitement à l'acide sulfurique et a l'argile, une hydrogénation catalytique peut être ajoutée

comme dernière opération de purification. Mais les problèmes avec les catalyseurs, qui sont fréquents lors du re-raffinage d'huile usagée à l'hydrogène et qui sont dus à la présence de composés métallo-organiques ou halogènes et de matière oxydée, persistent.

Le procédé "solvant-distillation" développé par le BARTLESVILLE-ENERGY-RESEARCH-CENTER (BERC) peut être divisé en quatre étapes:

1. déhydratation
2. traitement au solvant
3. traitement sous vide
4. traitement final à l'hydrogène

Les avantages sont: un très bon rendement de produit final d'une haute qualité et une quantité réduite de sous-produits. Les désavantages sont: un grand besoin d'énergie, des dépenses élevées pour les installations techniques et le fait que le fonctionnement à l'échelle industrielle n'a pas encore été démontré de façon satisfaisante.

Le procédé KTI, développé par les compagnies KINETICS TECHNOLOGY INTERNATIONAL (KTI) et GULF SCIENCE AND TECHNOLOGY COMPANY en coopération avec une compagnie de re-raffinage hollandaise, est supposée éviter les désavantages des méthodes connues, tels que les grandes quantités de sous-produits indésirables du point de vue économique et écologique, la flexibilité limitée et les rendements médiocres. Un traitement final à l'hydrogène sera effectué après le traitement physique de l'huile usagée. Le procédé ne requiert aucun produit chimique à part de l'hydrogène. L'utilisation d'un évaporateur à couche mince LUWA pour la distillation sous vide extrême est décidément une nouveauté par rapport aux tentatives antérieures d'appliquer la distillation sous vide au re-raffinage d'huile usagée. Le résidu semblable à l'as-

phalte et consistant d'additifs, de métaux et de produits de décomposition peut être utilisé ou bien dans l'industrie de l'asphalte ou bien comme matériel supplémentaire de la récupération du plomb et du zinc. Cela veut dire que le sous-produit obtenu est de haute qualité. Même à partir d'une huile consistante à 50 % d'huile de moteur et de 50 % d'huile industrielle, la production d'une huile de base de bonne qualité paraît possible. Le rendement d'huile lubrifiante est de 80 à 87 %. Les avantages sont d'une part la grande flexibilité du procédé (en ce qui concerne les huiles usagées utilisables) et le grand rendement d'huiles de base de bonne qualité, et d'autre part l'absence de déchets chimiques et du problème de leur utilisation. Le fonctionnement du procédé KTI à grande échelle industrielle reste à voir.

Le procédé PROP (PHILIPS RE-REFINED OIL PROCESS) est basé sur une opération de purification chimique spéciale et sur une hydrogénation comme traitement final. Il ne requiert ni pré-traitement, ni distillation sous vide. Les métaux sont éliminés au moyen d'une solution de phosphate d'ammonium. Ce procédé est uniquement employé pour le re-raffinage de l'huile de moteur. (18)

Le procédé RECYCLON, développé par les compagnies LEYBOLD HERAEUS, ASEOL et DEGUSSA, consiste essentiellement d'un raffinage chimique au moyen de sodium métallique et de la séparation subséquente d'un produit raffiné par évaporation totale de la fraction d'huile lubrifiante dans une installation de distillation sous vide extrême. Pour cela, on emploie des constructions spéciales d'évaporateurs à couche mince. Les avantages du procédé sont la bonne qualité du raffinage, l'absence du traitement à l'acide, à l'argile ou à l'hydrogène, de bons rendements et un besoin d'énergie minime.

Le procédé KD développé par la ÖMV AG en coopération avec la compagnie L. ZERZIG (RFA) essaie de résoudre les problèmes de la pollution tout en obtenant une qualité acceptable du produit de façon efficace. KD veut dire "koagulation-distillation". Deux opérations de raffinage sont jointes en une seule. Au cas où l'installation de distillation est menacée de corrosion par l'acide ou d'autres éléments corrosifs, l'huile usagée est coagulée au moyen d'une addition dosée de chaux. L'huile usagée deshydratée est traitée à la chaux à température élevée, ce qui entraîne une coagulation des émulsions vaseuses, une décomposition thermique des additifs et une neutralisation chimique des fragments d'additifs agressifs. Les composantes huileuses sont directement séparées par une distillation sous vide. La combinaison de la coagulation et de la distillation est effectuée dans un réacteur spécialement conçu. Une décoloration par contact à chaud ou bien une raffination douce à l'acide sulfurique suffisent comme traitement final. Une amélioration considérable peut être obtenue par une opération d'extraction par solvant après la distillation. Une hydrogénation est proposée comme traitement final. Les résidus de la distillation devraient être utilisables comme matériel de construction granuleux. Mais jusqu'à présent il n'existe aucune installation industrielle.

Le procédé SOPALUNA réduit d'environ 40 à 50 % les quantités nécessaires d'acide et d'argile au moyen d'un traitement à chaud avant le raffinage.

Le procédé MATTHYS comporte également un traitement à chaud. A la suite de l'élimination de l'eau et des sédiments par centrifugation, la teneur restante en eau et les hydrocarbures très volatils sont séparés au moyen d'une température plus élevée. Les sédiments sont séparés de façon continue à 200°C. Un traitement final conventionnel "acide-argile" termine le procédé de raffinage.

Le procédé SNAMPROGETTI, qui ressemble au procédé IFP-SELEKTOPROPANE, combine un traitement à chaud avec une purification au propane. L'huile déshydratée à chaud est purifiée après la séparation des hydrocarbures très volatils au moyen d'une extraction au propane, et par la suite elle est soumise à une distillation fractionnée sous vide. Après un autre traitement à chaud, les sédiments sont extrais au propane et ajoutés à l'huile usagée déshydratée. Ainsi sont achevés une séparation simple des sédiments et un très bon rendement avec une consommation minimale de propane. Mais cette production d'huile de Brightstock requiert une méthode très coûteuse, même à partir du sédiment du traitement sous vide.

Le procédé RTI de la compagnie RESOURCE TECHNOLOGY INC. consiste en l'application d'une nouvelle modification de la distillation sous vide extrême, qui peut être incorporée - de façon semblable aux évaporateurs conventionnels ou à couche mince - dans les procédés de raffinage à l'acide sulfurique existants. Après la séparation de l'eau et des hydrocarbures très volatils, une distillation fractionnée sous vide est effectuée. L'huile usagée soumise à ce traitement sous vide est injectée dans le réacteur de telle façon que les sédiments se séparent sous l'effet des forces centrifuges. Un traitement final à l'argile termine ce procédé.

Le procédé KRUPP effectue la séparation au moyen d'une extraction par un gaz à l'état hyper-critique. Après la séparation des hydrocarbures très volatils, l'huile déshydratée est extraite en contre-courant par de l'éthane à l'état hyper-critique. La phase à l'état hyper-critique est séparée en plusieurs étapes et par la suite soumise à une distillation fractionnée. L'éthane est condensé, refroidi et remis en circulation. Après une dégazification sous vide le procédé est terminé par un traitement final "acide-argile". Le procédé prétend réduire de 75 % les quantités nécessaires d'acide et d'argile tout en obtenant des rendements de 90 %. (12)

Le procédé IFP-"solvant-ultrafiltration" devrait être plus approprié à de petites quantités d'huiles de moteur que le procédé IFP-SELEKTOPROPANE déjà mentionné. L'huile usagée, déshydratée et séparée des hydrocarbures volatils par des méthodes connues, est diluée avec de l'hexane et s'écoule le long de membranes polymères semi-perméables. Après la séparation et remise en circulation du solvant (hexane), l'huile est soumise à un traitement final "acide-argile". L'efficacité du procédé d'ultrafiltration à l'échelle industrielle reste à voir. Une évaluation plus détaillée ne peut par conséquent pas encore être effectuée.

4.3.2. Effets écologiques des procédés de re-raffinage

Si l'on considère la combustion d'huile usagée comme une alternative au re-raffinage, les effets écologiques de même que les conditions techniques et économiques sont d'une importance particulièrement grande. L'huile usagée ne peut pas être transformée en produits re-raffinés sans l'occurrence de sous-produits tels que l'eau, l'eau résiduelle et les gaz d'échappement, qui sont contaminés de matières étrangères et dangereuses provenant de l'huile usagée.

Le goudron acide en particulier, dont l'importance du point de vue des problèmes écologiques est de plus en plus accrue, doit être pris en considération lors de l'évaluation des méthodes de re-raffinage. La documentation concernant les sous-produits et les déchets des procédés de re-raffinage plus récents, par rapport à celle concernant le goudron acide, n'est pas du tout satisfaisante. On trouve seulement des commentaires très généraux au sujet de l'utilisation et l'élimination des sous-produits.

Les déchets solides/vaseux et tous les autres sous-produits du re-raffinage qui sont séparés par filtration rudimentaire, sédimentation ou centrifugation ne posent pas de problèmes du point de vue écologique. On doit calculer avec la formation

de résidus vaseux d'environ 1 % de masse lors des opérations du pre-traitement. Ces résidus peuvent être ou bien brûlés dans un incinérateur spécial avec lavage des gaz d'échappement, ou bien déposés sur les décharges industrielles. Dans ce dernier cas les problèmes des fuites et des eaux contaminées doit être pris en considération. Le contrôle de la composition des gaz d'échappement et l'élimination des cendres sont très important dans le cas de l'incinération. L'eau contenue initialement dans l'huile usagée doit être soumise à un traitement d'eaux résiduelles contrôlé après sa séparation par sédimentation. (11)

4.3.2.1 Elimination du goudron acide

Le goudron acide résulte du re-raffinage d'huile usagée a l'acide sulfurique concentré. Il est de couleur noire et de viscosité élevée, et son odeur est très pénétrante.

Les composantes importantes du goudron acide sont:

a.) impuretés de l'huile usagée

- eau, matière solide et additifs
- combinaisons de produits d'oxidation de l'huile et de matière vaseuse, qui se forment durant l'usage d'huile lubrifiante
- métaux lourds (plomb, fer, zinc, cuivre (abrasions, additifs, "blow-by")
- graisses, composés contenant soufre ou chlore (spécialement dans l'huile industrielle)

b.) Acide sulfurique

c.) composantes huileuses

En outre, la présence de fer, de barium, de magnesium, de silicium, d'aluminium, de calcium, de cuivre et de chrome doit être supposée. Des concentrations de plomb de 0,6 % de

masse sont caractéristiques pour les USA, en Allemagne de l'Ouest, la valeur typique est de 0,2 % de masse. (19)

Les métaux lourds et la grande quantité d'acide sulfurique libre sont particulièrement désagréables du point de vue écologique. Dans le cas des procédés de re-raffinage classiques, on doit calculer avec une quantité de goudron acide d'environ 20 à 30 % de la masse d'huile usagée traitée (tendance croissante).

La seule solution relativement inoffensive pour l'environnement de se débarrasser du goudron acide consiste en son incinération dans la production de la brique, de l'asphalte et surtout du ciment. La combustion normale du goudron acide est dangereuse pour l'environnement à cause de la teneur des gaz d'échappement en dioxyde de soufre, provenant de l'acide sulfurique et des composés de soufre. En Suède et au Japon, la combustion de goudron acide est déjà défendue. En Allemagne de l'Ouest, environ 45 % du goudron acide sont éliminés par incinération. L'incinération du goudron acide avec lavage des gaz d'échappement consécutif ne fait que transformer le problème de la pollution de l'air en un problème de la pollution de l'eau.

Des tests effectués dans l'industrie du ciment prouvent que la combustion du goudron acide comme combustible supplémentaire est une méthode adéquate. Le plomb, le zinc, le phosphore et le soufre sont en moyenne retenus d'environ respectivement 93, 89, 89 et 87 % dans le ciment (et en quantités minimales dans les escarbilles.).

Aucune augmentation de teneur en substances dangereuses n'a pu être détectée dans les gaz d'échappement du four à ciment. Les qualités de ciment obtenues correspondent aux normes.(20) En 1978, 16 % des goudrons acides de la RFA ont été incinérés dans les industries de la brique et du ciment. (13)

D'autres méthodes de manipulation et d'élimination du goudron acide n'ont pas connus de succès pour des raisons économiques ou écologiques.(11)

4.3.2.2. Elimination de l'argile usagée

Pour l'instant, la plupart des procédés de re-raffinage contiennent un traitement final à l'argile active décolorante avec une consommation d'argile de 4 à 7 % de masse (relativement à l'huile deshydratée). Le recyclage de l'argile usagée n'est pas faisable d'une manière écologique et économique. Grâce à sa grande teneur en énergie calorifique et à l'absence de problèmes technologiques sérieux, l'argile usagée est de plus en plus incinérée dans l'industrie du ciment et de la brique (teneur en énergie: 14,5 à 17,5 MJ/kg). En 1978, 62 % de l'argile usagée de la RFA ont été incinérés dans l'industrie du ciment (par rapport à 19 % en 1976). (3)

4.4.1. La combustion d'huile usagée

Après la crise économique de 1973, des efforts ont été faits afin d'utiliser la teneur en énergie des huiles usagées, qui peut être comparée à celle du fuel lourd (après la séparation d'impuretés telles que l'eau, les solvants volatiles et les sédiments). A l'époque, les conséquences écologiques de la combustion d'huile usagée n'étaient généralement pas connues, et cette technique a été utilisée inconsidérément. Dans certains pays, l'huile usagée a été déclaré marchandise par de nouvelles lois.

Le chapitre suivant traite la technologie et les problèmes de la combustion d'huile usagée.

Quand l'huile usagée est pré-traité avant d'être brûlée, on peut faire une distinction entre un "pré-traitement minimum" et un "pré-traitement sophistiqué". Le "pré-traitement minimum" se compose d'une filtration, d'une centrifugation et d'une distillation à basse température (afin de séparer l'eau et les composantes volatiles). Le danger d'une explosion est ainsi évité. Les composantes métalliques et solides fines

sont séparés par un "pré-traitement sophistiqué". Pour celui-ci, toutes les méthodes de purification du re-raffinage peuvent être employées. L'opération de purification appropriée une fois choisie, les sous-produits ayant des effets écologiques doivent être consciencieusement pris en considération.

4.4.1.1. L'huile usagée comme seul combustible

Quand l'huile usagée est employée comme seul combustible, il y aura toujours des problèmes de corrosion, d'incrustations et d'abrasion. L'émission de substances dangereuses et leurs effets écologiques représentent un problème supplémentaire. On a calculé que la combustion de 90.000 tonnes d'huile usagée non pré-traité résulte en une émission d'environ 260 tonnes de plomb, 70 tonnes de phosphore, 90 tonnes de barium et 700 tonnes de zinc et d'autres matières, le soufre et le chlore n'étant même pas encore pris en considération. (14)

4.4.1.2. L'huile usagée en combinaison avec d'autres combustibles

En principe, il est possible de mélanger l'huile usagée avec d'autres combustibles. Mais les problèmes persistent, tout en étant "dilués". L'additionnement de l'huile usagée et la combustion du mélange sont justifiés dans le cas où il existe un système de lavage des gaz d'échappement.

4.4.2. Aspects technologiques de la combustion d'huile usagée

En général, il faut faire une distinction entre les brûleurs à atomisation et les brûleurs à évaporation. Les brûleurs à atomisation ont plus de succès et semblent être plus appropriés pour la combustion d'huile usagée. (11)

Cependant pour le chauffage d'usines, de grandes halles, de hangars etc. on emploie surtout des brûleurs à évaporation.

La plupart d'entre eux sont des brûleurs a tasse d'évaporation semblables à ceux utilisés dans les habitations individuelles, et qui sont alimentés de fuel léger.

Mais des résultats de tests montrent que cette technique de combustion est écologiquement non appropriée, parce que la combustion n'est pas complète et les gaz d'échappement ne subissent pas de lavage. Par contre, on est renvoyé au fait que grâce au mouvement très lent de l'air de combustion, le temps de rétention dans le brûleur est assez longue et par conséquent la température de combustion est élevée.

Les résidus de la combustion (oxides de métaux lourds) et les escarbilles pulvérisées des filtres doivent être traités afin de pouvoir être déposées sur les décharges. Ces résidus peuvent aussi être soumis à des procédés de récupération des métaux (dans le four à ciment les résidus restent fixés au ciment et ne parviennent pas dans l'environnement).

ANNEXE:

RAPPORT BREF CONCERNANT LES PAH ETC. DANS L'HUILE LUBRIFIANTE
Norsk Petroleums Institutt

TENEUR DES HUILES DE MOTEUR USAGEES ET NON USAGEES EN
HYDROCARBONES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES (PAH)
EN COMPOSES NITRES ET EN AZA-ARENES

Introduction

L'Institut Norvégien de Pétrole a chargé l'Institut Norvégien de la Recherche de l'Air (NILU) de mesurer les concentrations de quelques composés choisis dans les huiles de moteur. L'examen s'est concentré sur les composés dont on dit qu'ils représentent un danger pour la santé.

Les analyses requièrent un équipement moderne, du personnel expérimenté, et elles sont assez longues à effectuer. Par conséquent elles ont été limitées à un petit nombre de tests. Néanmoins les résultats obtenus permettent des conclusions claires qui pourraient contribuer à fournir une explication des résultats de certains tests médicaux.

Nombre d'échantillons:

La teneur en PAH (polycyclic aromatic hydrocarbons) a été analysée dans 8 huiles lubrifiantes non usagées. 5 de ces huiles sont des produits très populaires des plus grandes compagnies de pétrole, et 3 échantillons consistent d'huile re-raffinée RTI (voir tab. 1). Parallèlement, la teneur en PAH de 8 huiles lubrifiantes usagées a été examinée. 6 d'entre elles étaient des huiles lubrifiantes vierges usagées (voir tab. 2). Parmi ces 8 échantillons, 5 ont été prélevés de voitures à moteur à essence et les 3 autres de camion à moteur diesel de taille relativement large.

Les 3 échantillons d'huile re-raffinée RTI non usagée ont tous été prélevés du même bidon. La raison de cette duplication est que cette huile a été utilisée pour installer ce projet.

Parmi les échantillons mentionnés, 6 ont aussi été examinés

NITRO-PHA IN NEW AND USED LUBE-OILS

Code: ----- NILU numbers:	New oils			Used			
	Virgin oil	RTI-reclaimed		Diesel engine		Gasoline engine	
	A4	B1		C2	D1	E3	F1
	II	III	IV	V	I	VI	
2-nitronaphthalene					15	15	
2-nitrobiphenyl							
3-nitrobiphenyl							
4-nitrobiphenyl							
1,5-dinitronaphthalene							
2,2-dinitrobiphenyl							
2-nitrofluorene							
9-nitroanthracene	38	96		12	8.5	72	83
1,8-dinitronaphthalene		15					
2,5-dinitrofluorene							
1-nitropyrene							
2,7-dinitrofluorene							
1-nitrofluoranthene							
Isomeric compounds detected by GC/MS. Commercial Standards not available							
Nitronaphthalene (1-)						18	20
Nitroanthracene/Phenanthrene (		175		10	38	43	40
(		157		11	18	84	84
(		23			47	158	217
(		47			6.6	95	110
					17	79	80
Nitropyrene/fluoranthene (					79	215	230
(					65	235	250
(						84	80
(						82	91
"sum"	38	513	0	33	279.1	1180	1300

6-nitrobenzo(a)pyrene was not detected.
 C2 and E3 are used virgin oils (~5000km)
 E3 is used virgin oil (~9000km)
 F1 is used reclaimed (RTI) oil (~12000km)

du point de vue teneur en nitro-PAH (voir tab. 3) et en aza-arènes (voir tab. 4).

Les tests peuvent être décrits de façon suivante:

A1 - A5	huiles lubrifiantes vierges non usagées
B1 - B3	huiles lubrifiantes re-raffinées non usagées
C1 - C2	huiles lubrifiantes usagées de moteurs diesel période d'utilisation env. 5000 km
D1	huile lubrifiante re-raffinée de moteurs diesel période d'utilisation env. 5000 km
E1 - E4	huiles lubrifiantes usagées de moteurs à essence période d'utilisation env. 9000 km
F1	huile lubrifiante re-raffinée usagée de moteurs à essence, période d'utilisation env. 12000 km

Méthodes analytiques

Les mesures de la teneur en PAH se réfèrent aux composés des tab. 1 et tab. 2. Les chiffres sont donnés en milligrammes / kg d'huile (mg/kg). NILU dit que les résultats analytiques pour les fluoranthènes et les anthanthrènes ont été mesurés par spectrométrie de masse. Le secteur entre naphtalène et fluoranthène n'est pas sujet à des interférences et par conséquent ces analyses ont été effectuées par chromatographie à gaz avec détection à ionisation de flamme.

Les composés nitro-PAH et aza-arènes se trouvent au tab. 3 et tab. 4. Les chiffres sont donnés en microgrammes / kg d'huile ($\mu\text{g}/\text{kg}$), c'est à dire en unités 1000 fois plus petites que pour les PAH. NILU décrit ses analyses de façon suivante :

"Les aza-arènes ont été déterminés avec un détecteur sélectif pour l'azote aussi bien que par spectrométrie de masse. Il

n'a pas été possible de détecter des quantités significatives d'aza-arènes dans les échantillons d'huile. La limite de détection se situe entre 0,1 et 0,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$. D'autres échantillons analysés parallèlement contenaient des concentrations assez élevées en aza-arènes. Ceci confirme que la méthode analytique est éprouvée et sûre, et que les échantillons d'huile ne contiennent que des traces d'aza-arènes.

Nitro-PAH: La spectrométrie de masse à ions négatifs, qui représente une méthode très sélective pour le nitro-PAH, a été utilisée pour mesurer la concentration de ces composés dans les échantillons d'huile. À part du 9-nitroanthracène, aucun nitro-PAH dont nous possédons un standard de référence n'a pu être détecté. Néanmoins, quelques composés isomères, dont les standards ne sont ni en vente ni synthétisés, ont pu être trouvés. Par conséquent les résultats présentent une incertitude de +/- 20 % minimum. Il n'est pas possible d'identifier la nature des isomères détectés."

Résultats des analyses

- huiles lubrifiantes vierges non usagées A1 -A5

Les analyses montrent que les huiles lubrifiantes ne contiennent pas ou très peu de PAH. Dans un des échantillons 24 mg/kg de phénanthrène ont été trouvés. Ce chiffre n'est pas certain parce qu'il varie entre les échantillons B1 - B3.

L'huile lubrifiante A4 est une parmi celles qui ne contiennent ni PAH, ni nitro-PAH à part de 33 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de nitroanthracène. Cette huile contient très peu d'aza-arènes, et seulement à un niveau très réduit, comme tous les autres échantillons.

Il faut en conclure que l'huile lubrifiante vierge non usagée ne contient pas, ou pratiquement pas, de substances dangereuses pour la santé qui ont été examinées. Les quelques traces retrouvées peuvent provenir des additifs ou des

méthodes analytiques.

- huile lubrifiante re-raffinée non utilisée B1 - B3

Ces échantillons ont été prélevés du même bidon, mais les résultats des mesures varient considérablement d'échantillon en échantillon pour les différents composés. La raison pourrait être que les échantillons ont été prélevés de différents niveaux du bidon, après un long temps de stockage. La précision de la meilleure méthode analytique pourrait être une autre explication. En général, les huiles re-raffinées présentent une teneur significative en composés PAH. L'huile re-raffinée contient aussi des quantités assez grandes de nitro-PAH en comparaison avec les autres échantillons. Elle contient également un peu d'acridine et des traces de trois autres aza-arènes.

- huile usagée de moteurs diesel C1 - C3

Très peu de composés ont pu être détectés dans ces huiles. Quelques uns des chiffres étaient très petits. Un échantillon contient des fluoranthènes (16 mg/kg) et des pyrényls (28 mg/kg). Si la période d'utilisation (kilométrage) avant le vidange avait été la même que pour les moteurs à essence, nous pourrions supposer que la concentration de ces composés serait la même que pour l'huile lubrifiante usagée des moteurs à essence.

- huile lubrifiante re-raffinée RTI usagée de moteurs diesel
D1

Les résultats diffèrent de ceux pour l'huile lubrifiante vierge, mais pas autant que pour les huiles non usagées. Ceci peut être expliqué par le fait que cet échantillon, s'il avait été non usagée, aurait fourni des concentrations plus petites que celles des autres échantillons d'huiles re-raffinées B1 - B3. Les composés chimiques dans les produits de re-raffinage varient beaucoup, selon la composition de l'huile de déchet d'origine.

- huile lubrifiante vierge usagée de moteurs à essence

Ces huiles montrent une teneur relativement élevée pour environ la moitié de tous les PAH analysés et aussi pour certains nitro-PAH. Elles contiennent seulement de petites quantités d'aza-arènes. Ce profil est le même pour les trois huiles différentes E1 - E3. La différence entre ces huiles et les huiles usagées de moteurs diesel peut être partiellement expliquée par le type de combustible et par le fonctionnement des moteurs. Par ailleurs, la période d'utilisation avant le vidange était plus longue d'environ 80 % pour ces huiles.

- huile re-raffinée RTI usagée de moteur à essence F1

La teneur en PAH est très élevée dans cet échantillon. Si l'on prend en considération que la période d'utilisation était plus longue de 33 %, que la teneur en PAH dans l'huile lubrifiante re-raffinée non usagée est relativement élevée et le fait que la voiture a roulé plus longtemps en hiver, les résultats diffèrent à peine de ceux pour les autres moteurs à essence. Certains chiffres diffèrent de façon significative, d'autres sont relativement petits.

Ce profil mentionné se retrouve aussi pour les nitro-PAH. Beaucoup d'entre eux diffèrent à peine de E3. Le kilométrage et le re-raffinage ne semblent pas avoir une grande influence sur ces valeurs. En ce qui concerne les aza-arènes, la teneur est particulièrement réduite. Les difficultés éprouvées lors de la détection des nitro-PAH et des aza-arènes dans des huiles lubrifiantes usagées pourrait être une explication.

Quelques conclusions

Les chiffres présentés semblent fournir une explication claire pour les conclusions déduites d'une série de tests de santé, qui consistaient à traiter des souris avec des huiles usagées pendant une longue période. Ces tests démontrent que le contact avec l'huile lubrifiante usagée des moteurs à

essence résulte en un risque de cancer de la peau. Le risque estimé est très bas pour les huiles des moteurs diesel. Le risque potentiel est associé avec plusieurs des composés dans l'huile usagée, et il est par conséquent difficile de prouver lequel d'entre eux est particulièrement dangereux. Quelques unes parmi les substances potentiellement dangereuses n'ont pas pu être détectées ou ne sont contenues qu'en quantités minimales. Certains PAH et quelques nitro-PAH étaient présents en concentrations relativement élevées.

PAH-CONTENTS OF UNUSED OILS

Code:	virgin oils					RTI rerefined		
	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3
NILU numbers	3	5	7	13	14	8	9	16
Naphthalene								
2-methylnaphthalene								
2-methylnaphthalene								
81-phenyl								
Acenaphthylene								
Acenaphthene								
Dibenzofuran								
Fluorene								
Dibenzothiophene								
Phenanthrene			24			29	3	18
Anthracene								
2-methylphenanthrene	7					41	43	40
2-methylanthracene	1					7	7	
1-methylphenanthrene	1					18	20	15
Fluoranthene	4					11	13	
Pyrene	9		1			26	31	20
Chrysene/triiphenylene						12	11	
Benzo(b/j/k)fluoranthenes						48	13	9
Benzo(e)pyrene						7	8	
Benzo(a)pyrene						4	6	
Perylene								
Inden-(1,2,3-c,d)pyrene								
Dibenzo(ac/ah)anthracenes								
Benzo(g,h,i)perylene						17	13	
Anthracene								
Coronene								
1,2,3,4,5-dibenzopyrene								
"sum"	22	0	25	0	0	240	168	102

MEASURED PAH-CONTENTS, USED OILS

Code:	Diesel motor **			Gasoline motor **				
	C1	C2	C3	E1	E2	E3	E4	F1
NILU numbers	1	15	10	2	4	11	12	6
Naphthalene				127	52	24	77	107
2-methylnaphthalene				156	54	22	67	94
1-methylnaphthalene				72	25	11	29	50
Bi-phenyl								4
Acenaphthylene				4				4
Acenaphthene								
Dibenzofuran								2
Fluorene				7	8			25
Dibenzothiophene								6
Phenanthrene				38	78	41	79	116
Anthracene					13			14
2-methylphenanthrene			17	54	98	71	104	149
2-methylanthracene			5	9	12	14		32
1-methylphenanthrene			12	21	45	24	32	69
Fluoranthene	5	16	9	10	16	21	29	23
Pyrene	9	28	19	22	47	57	51	50
Chrysene/tri(phenylene)			4	23	16	14	8	48
Benzo(b/j/k)fluoranthenes			6	46	27	20	24	99
Benzo(e)pyrene			7	27	23	20	7	58
Benzo(a)pyrene			5	14	2	12	5	33
Perylene							4	5
Inden-(1,2,3-c,d)pyrene				10				43
Dibenzo(ac/ah)anthracenes								
Benzo(g,h,i)perylene				83	35	32		207
Anthrathrene								16
Coronene								
1,2,3,4,5-dibenzopyrene								
"sum"	14	44	84	725	551	383	502	1254

*) All used ~ 5000 km. D = RTI (reclaimed) oil
 **) Used ~ 9000 km. F = RTI-oil used ~ 12000 km

BIBLIOGRAPHY

Investigations for the Development of an Environmentally Acceptable Way to Clean and Reuse Waste Oils of Seychelles, UNIDO, SI/SEY/84/801
Vienna, February 1986.

Assistance pour l'installation d'une unite de recyclage des huiles usées au Burkina Faso, UNIDO, SI/BKF/86/801, Vienna, January 1987.

Le Recyclage des Huiles Usées dans les Pays en Développement, Série "Documents d'information" No.1, UNIDO/IO. 611,7, février 1985.

"Regulation and Incentives for Used Oil Management", S.P. Maltezou and W.A. Irwin, Industry and Environment, UNEP, Vol.7, No.3, 1984

The Economic Determinants of Waste Oil Allocation, S.P. Maltezou, Ph.D. dissertation, New York University, 1977, University Microfilms International.

"Factors Affecting Used Oil Recovery/Utilization and Effects of Proposed Policy Alternatives". Speech presented at the National Bureau of Standards, Gaithersburg, Maryland, November 23, 1976. In Measurements and Standards for Recycled Oil, NBS Special Publication 488, August 1977.

The following bibliographical information is from F.O. Cotton's "Waste Lubricating Oil. An Annotated Review", United States Department of Energy (BETC/IC-79/4), Bartlesville, Oklahoma, December 1979.

Numerous articles have been written that give an overall view of the waste oil situation and cover various phases of the problems and developments in the reclamation, or re-refining, industry. Listed in this following section are articles that will give the newcomer to the subject of waste oil some background information, the status of used oil utilization, suggestions for needed developments, and an overview of the waste oil problem. These references also can serve the current waste oil recycler by updating his knowledge in preparation for the changes are imminent for the re-refining industry.

The history of re-refining and the magnitude of the waste oil problem are discussed by McEwen (18). Mascetti and White's Aerospace report (8) assesses the potential impact of re-refining used automotive and industrial lubricating oils on the national petroleum consumption rate. A news feature by Deutch (1) gives the most recent summary of prospects for the re-refining of used oil. "Waste Oil Study, Report to Congress" (37), Maltezos's report on New York (22), an API publication (36), and a series of reports by Cukor, Keaton, and Wilcox (43-48) are but a few of the status reports available. Also included in this General section are articles that discuss properties of used oil (27, 32), re-refining economics (41, 45), recycling benefits (20) and other nonspecific subjects. Proceedings of the International Conferences on Waste Oil Recovery and Reuse (5, 29, 33) cover many waste oil subjects and are listed in this section.

1979

1. **Bright Prospects Loom for Used-Oil Re-refiners**, David J. Deutch, *Chemical Engineering*, vol. 86, no. 16, July 30, 1979, pp. 28-32.
The U.S. Government's emphasis on conservation bodes well for the used-oil business. Meanwhile, a group of new re-refining techniques claim significant advantages over conventional acid-clay processing. The Energy Policy and Conservation Act and the Resources Conservation Recovery Act (RCRA), plus the new proposed EPA regulations, have boosted the used oil utilization.
2. **Timing Just Right for Recycled Oil**, Bob Vandewater, *The Sunday Oklahoman*, July 22, 1979, p. 16, Section B.
Article consists of interviews with Mike Kerran, president of Double Eagle Refining Co. and also president of the Association of Petroleum Re-Refiners; R. E. Linnard, Phillips Petroleum Co. and Dr. Dennis Brinkman, Department of Energy.
3. **Fluid & Lubricant Ideas**, Summer Issue - 1979, vol. 2, Issue 3, Published quarterly by Fluids Marketing Corp., Stratford, CT.
This entire issue of this publication is concerned with waste oil.

1978

4. **Re-Refining Makes Quality Oils**, M. L. Whisman, J. W. Reynolds, J. W. Goetzinger, F. O. Cotton, and D. W. Brinkman, *Hydrocarbon Processing*, vol. 57, no. 10, October 1978, pp. 141-145.

Solvent treatment and distillation are the basis of this re-refining scheme to convert used oils into high-quality lube oil blends. It is believed that the process described is both technically and environmentally sound and provides an attractive means of conserving a valuable resource. Data are compared with virgin blends, and results of engine sequence tests are given.

5. Proceedings of the Third International Conference on Waste Oil Recovery and Reuse, The Road to Recovery, Association of Petroleum Re-Refiners, October 1978, 175 pp.

Historical perspective, state-of-the-art, and projects for the future are discussed along with the newest technology, U.S. Government policy and performance characteristics.

6. New World Energy Institution Needed, Hydrocarbon Processing, vol. 57, no. 9, September 1978, p. 19, 21.

According to the U.K. Department of Energy, lack of commitment to energy conservation goals indicates the need for a new international institution, preferably under the auspices of the United Nations, to consider energy problems on a global basis.

7. Used Oil: Collection, Recycling and Disposal, W. A. Irvin, Technol. Rev., vol. 80, no. 8, August-September 1978, pp. 54-61.

Large quantities of used automotive lubricants and industrial waste oils are now being thrown away despite the potential for reuse and the hazards accompanying improper disposal.

8. Utilization of Used Oil, G. J. Mascetti and H. M. White, Final Report, Aerospace Corporation, prepared for Div. of Industrial Energy Conservation, U.S. Dept. of Energy, Executive Summary; Part I - Industry status and projections; Part II - Energy Conservation and Economics; Appendices. August 1978.

Comprehensive report assesses the potential impact of re-refining used automotive and industrial lubricating oils on the national petroleum consumption. Included in the review are processes that exist, are proposed or that are described in the patent literature. Profitability of re-refining operations is discussed. An energy assessment of used oil utilization is made.

9. Utilization of Used Oil, Executive Summary. Mascetti, G. J. and H. M. White, AEROSPACE Report No. ATR-78(7384)-1. Prepared for U.S. Department of Energy, Div. of Industrial Energy Conservation under Contract No. EY-76-C-03-11-1. Project Agreement No. 3, August 1978.

10. Will Lube Refiners Reclaim Waste Oils? Oil and Gas J., vol. 76, no. 20, May 15, 1978, pp. 75-76.

Waste oils in some respects are superior for lube manufacture compared with crude oil. The only extra step needed by lube-oil refiners to reclaim waste oils would be clarification to eliminate high-metals residue and oxidation products. Less than 15,000 bbl/day of reclaimed oil was produced in 1975.

11. **Management of Environmental Risk: A Limited Integrated Assessment of the Waste Oil Refining Industry, Final Report, S. D. Liroff, Teknekron, Inc. Berkeley, CA, NTIS PC A13/MF A01, March 1978, 282 pp.**

This review addresses five areas of the Re-refining industry. They are: (1) assessment of re-refining technologies, (2) financial analysis of technologies, (3) analysis of alternative futures of the re-refining industry, (4) disposal of acid sludge, and (5) state and local governments as future markets for re-refined oil products. The potential for establishing recycled oil programs is evaluated for each of the continental United States.

1977

12. **New Challenges in Lubricant Oil Blending, J. D. Hilborn and B. Orchard, Canadian Petroleum, vol. 18, no. 12, December 1977, pp. 24-25.**

The introduction of long-drain brands of motor oils will mean a gradual slowdown in the retail market to zero growth or even 1-2% decline. The need for fuel economy has made lighter-viscosity synthetic oils the base stocks of the future. A suitable replacement for zinc dialkyldithiophosphates is needed as well as other new additives to furnish greater protection.

13. **Lubricants and the Oil Industry, Petroleum Review, vol. 31, no. 372, November 1977, pp. 15-16.**

A brief survey of the history of lubricants, range of lubricants available today (1977) and their applications, use of additives, recent process developments and the economic significance of good lubrication.

14. **Ways the Department of Defense Can Improve Oil Recycling, Comptroller General of the United States, Report to Congress, Report no. LCD 77-307, September 28, 1977, 38 pp.**

This report discusses Federal agencies' disposal of used lubricating oil, the leadership needed to manage this resource, and actions the Dept. of Defense could take to improve oil recycling.

15. **Oil Re-Refining Gets Another Look. Hydrocarbon Processing, vol. 56, no. 8, August 1977, p. 13.**

Survey covers U.S. National Bureau of Standards and Association of Petroleum Re-Refiners plan to develop test procedures, which can establish "substantial equivalency of recycled oil with virgin oil for each potential end use"; ERDA's (now DOE) new process for reclamation of automotive oil and estimates of U.S. lubricating oil consumption and total waste oil generated. Also included is Frost & Sullivan's analysis of the Western Europe market situation for re-refined used oil and estimates of total waste oils available, collected, and re-refined.

16. **Waste Oil Recycling--An Idea Whose Time Has Come, C. J. Thompson and M. L. Whisman, NBS Special Publication 488, August 1977, pp. 57-60.**

This article assesses the current status of waste oil recycling and outlines the waste oil research that is being conducted at ERDA's Bartlesville Energy Research Center.

17. **Some Re-Refined Oil Can Perform as Well as Virgin Lubricating Oil**, Chemical Engineering (N.Y.), vol. 84, no. 14, July 4, 1977, p. 63.
ERDA's Bartlesville Energy Research Center (now DOE) reports that one oil processed at the Bartlesville Center and one processed by Motor Oils Refining Co. passed the SAE engine sequence tests for corrosion properties, oxidation stability, lubricity, and bearing wear.

1976

18. **Re-refining of Waste Lubrication Oil: Federal Perspective**, Laurence B. McEwen, Jr., Resource...Recovery & Energy Review, vol. 3, no. 6, Nov./Dec. 1976, pp. 14-17.
Report discusses the history of re-refining and the magnitude of the waste oil problem. The Federal programs in waste oil recovery are described.
19. **Letters/Recycled Oil**, Donald A. Becker and John D. Hoffman of National Bureau of Standards, Science, vol. 194, 1976, p. 478.
This is a letter to the editor, in which comments on Thomas H. Maugh's article "Rerefined Oil: An Option that Saves Oil, Minimizes Pollution" clarify the role of NBS in waste oil, as stated by law.
20. **Rerefined Oil: An Option that Saves Oil, Minimizes Pollution**, Thomas H. Maugh, Science, vol. 193, Sept. 1976, pp. 1108-1110.
Article summarizes the waste oil situation and gives brief reviews of several new processes for re-refining waste oil. It also mentions several federal agencies' programs that are in progress or planned.
21. **Re-Refining: Economically Attractive Way to Conserve Lube Oil**, E. T. Cutler, 1976 Proceedings, American Petroleum Institute, Refining Department, Midyear Meeting, pp. 507-521.
This paper discusses the recycling of waste automotive lubricating oil and similar waste hydrocarbon oils. The present waste oil situation is reviewed, and an economic and technical study of the PVE (propane-vacuum-hydrogen) process is presented.
22. **Waste Oil Recycling: The New York Metropolitan Area Case**, Sonia P. Maltezos, Council on the Environment of New York City, March 1976, 206 pp.
A comprehensive study involves separate questionnaires for each of seven categories after pilot surveys had been conducted for the purpose of review and modification of final questionnaires. Also included are over 250 personal interviews, indirect formulation of statistics through extrapolation of available data, survey of literature, and private correspondence.

23. Are You Having Engine Trouble? P. A. Asseff, Rock Prod., vol. 79, no. 3, 1976, pp. 91-94, CA 86:23307z.

A discussion is presented on analyses of used lubricants for spot contamination and wear conditions. Contaminants, such as organic and inorganic acids, oxygenated organic compounds, carbon, unburned fuel, Pb, and SiO₂, can be determined by acid or alkali measurements and optical spectroscopy.

1975

24. Energy From Used Lubricating Oils, Task Force on Utilization of Waste Lubricating Oils, American Petroleum Institute, Publication No. 1588, October 1975.

The purpose of this two-phase study was to establish properties of waste lubricating (used automotive crankcase) oils and to develop ecologically and economically sound methods of disposal.

25. Problems Facing the Re-Refiner, H. Randy Emerson, Hydrocarbon Processing, September 1975, pp. 145-148.

Problems addressed include: procurement of waste oil; burning of lead-containing oils; regulation against road oiling; difficulty of removal of new and increased amounts of additives; quality demands are greater and technological demands are beyond past processes.

26. Some Benefits from Recycling Waste Oil, D. Cacnis, mimeo, Council on the Environment of New York City, March 1975.

27. A Comparative Evaluation of New, Used, and Re-refined Lubricating Oils, J. W. Goetzinger, F. O. Cotton, and M. L. Whisman, Oil and Gas Journal, vol. 73, no. 9, March 1975, pp. 130-135.

Comparisons of new, used and re-refined oils were made on the basis of physical and chemical properties and hydrocarbon analysis.

28. Waste Oil Management From Sump to End Use, Peter B. Lederman (EPA), SAE Paper No. 750387, February 1975.

This status report gives the various aspects of waste oil management.

29. Proceedings of the Second International Conference on Waste Oil Recovery and Reuse, "Waste Oil: Headache or Resource?", February 24-26, 1975. Sponsored by the Association of Petroleum Re-refiners.

Report of all information exchanged at the conference which includes: sources, uses, collection, processes for re-refining, attitudes, proposals for solution to problems, etc.

30. (Spent) Oils: Recovery Values and Reclamation, A. Maes, AFAVE 1975, no. 189, pp. 53-68. (in French)

A review, with many references, deals with the problems of waste oils. Automotive, hydraulic, cutting oil and fuel tank sludges are discussed.

1974

31. **Waste Lubricating Oil Research: A Comparison of Bench-Test Properties of Re-Refined and Virgin Lubricating Oils**, M. L. Whisman, J. W. Goetzinger, and F. O. Cotton, BuMines RI-7973, 1974, 18 pp.
Quality-defining bench tests were used to compare and evaluate three laboratory re-refined and reformulated oils, eight commercially re-refined oils and three new oils.
32. **Waste Automotive Lubricating Oil Reuse as a Fuel**, Steven Chansky, James Carroll, Benjamin Kincannon, James Sahagian and Norman Surprenant, EPA/600/5-74-032; Contract EPA-68-01-1859; PB-241 357/3BE, PC A10/MF A01 Socioeconomic environmental studies series, September 1974, 218 pp.
This evaluation of automotive waste oil reuse as a fuel considers technical, economic and environmental feasibility. Physical and chemical properties of the waste oil are presented, as well as various treatment methods, their costs and effectiveness.
33. **Proceedings of the First International Conference on Waste Oil, Waste Oil Recovery and Reuse**, Association of Petroleum Re-Refiners, 1974.
Many papers were presented which show the state-of-the-art and the need for research and legislation.
34. **Waste Oil: A Resource to be Conserved**, Melvin H. Chiofiofi, Society of Automotive Engineers, SAE no. 740684, September 1974.
The end uses of waste oil and the techniques required to reclaim them are described. The major impediments to greater waste oil usage are analyzed, including the following factors: economics, technology, waste oil collection, government actions, and environment quality problems.
35. **Oil: It Never Wears Out, Just Gets Dirty**, Environmental Science and Technology, vol. 8, no. 4, April 1974, pp. 310-311.
This paper summarizes what has been done and some of the studies that are in progress or planned.
36. **Used Lubricating Oil, Its Recovery, Reuse, and Disposal**, API Publication 4221, April 1974.
API's opinion of the current state-of-the-art includes the statement, "It is estimated that some 40% of the crankcase oil sold in the U.S. is sold by other than service station outlets and that as much as 25% of the waste crankcase oil is drained by motorists themselves."
37. **Waste Oil Study. Report to Congress**, EPA, PB-257 693/2BE, PC A18/MF A01, April 1974, 414 pp. Also, PB-253 332.
Report presents the results of studies undertaken to determine the extent of the problem resulting from disposal of waste oils and the effect of these techniques on the environment.

38. **The Waste Oil Industry: A Discussion of Some Issues to Consider in Performing an Economic Analysis**, John A. Jaksch, Environmental Protection Agency, Proc. of Int. Conf. on Waste Oil, February 1974.

This is a brief overview of the waste oil problem, waste oil disposal, waste oil collection, waste oil re-refining and reclamation, and combined industry analysis.

39. **Environment Action at Port Authority Airports**, A. M. Attar. Proceedings of the International Conference on Waste Oil Recovery and Reuse, February 1974.

40. **Oil Crunch Spurs Waste Oil Reclaiming**, Chemical and Engineering News, vol. 52, no. 8, February 25, 1974, p. 26.

Rising costs plus environmental hazards from waste oil dumping are making re-refining more attractive.

41. **The Economic Determinants of Waste Oil Reuse**, by Sonia P. Maltezos, Economic Department, New York University, New York City, N.Y.

42. **Waste Oil: The Recapture of an Energy Resource**, Sonia Maltezos, Council on the Environment of New York City, (The Generation, Disposal and Recovery of Waste Oil in the New York Metropolitan Area), February 1974.

Data collection is restricted to the New York metropolitan area, but it is believed that the observations and methodology can be applied to assess the waste oil situation in comparable areas.

1973

43. **A Technical and Economic Study of Waste Oil Recovery. Part I: Federal Research on Oil from Automobiles, Final Report**, Peter M. Cukor, Michael John Keaton, and Gregory Wilcox, EPA/530/SW-90c.1; Contract EPA-68-01-1806; PB-237 618/4BE, PC A05/MF A01, October 1973, 99 pp.

A summary of federal research and regulations concerning waste oil from automobiles includes an annotated bibliography of publications concerning waste oil disposal.

44. **Part II: An Investigation of Dispersed Sources of Used Crankcase Oils, Final Report**, Cukor, Keaton, and Wilcox, EPA/530/SW-90c.2; Contract EPA-68-01-1806; PB-237 619/2BE, PC A04/MF A01, October 1973, 67 pp.

Purchase attitudes and disposal practices of persons who buy automobile crankcase oil in discount stores and subsequently change their own oil are discussed.

45. **Part III: Economic, Technical and Institutional Barriers to Waste Oil Recovery, Final Report**, Cukor, Keaton, and Wilcox, EPA/530/SW-90c.3; Contract EPA-68-01-1806; PB-237 620/OBE, PC A07/MF A01, October 1973, 136 pp.

This study emphasizes the barriers to recovering waste oil.

46. **Part IV: Energy Consumption in Waste Oil Recovery**, Peter M. Cukor and Timothy Hall, EPA/530/SW-90c.4; Contract EPA-68-01-2904; PB-251 716/7BE, PC A07/MF A01, October 1975, 141 pp.

47. Part V: A Field Test of Quality of Re-refined Lube Oils, Peter M. Cukor and Timothy Hall, EPA/530/SW-90c.5 (included with Parts IV and VI).
48. Part VI: A Review of Re-refining Economics, Peter M. Cukor and Timothy Hall, EPA/530/SW-90c.6 (included with Parts IV and V).
Report contains an energy balance of waste oil recycling as lube oil and waste oil recovery as fuel oil; a potential field test of motor vehicles using re-refined oil; and an update of re-refining economics.
49. Waste Automotive Lubricating Oil As a Municipal Incinerator Fuel, Environmental Protection Technology Series, EPA-R2-73-293, September 1973.
The technical, economic and environmental impact of utilizing waste automotive lubricating oils to improve the municipal incineration combustion process was examined and reported.

1972

50. Waste Oil Recovery Practices, State-of-the-Art, 1972, Environmental Quality Systems, Inc., PB-229 801/6BE, PC A11/MF A01, December 1972, 250 PP-
This is a study of waste oil production, collection, reprocessing, re-refining and disposal with emphasis on the State of Maryland. State and national data on the origin and amounts of waste automotive, industrial and other waste oils is presented.
51. Waste Oil Recycling Study, U.S. Department of Defense, Defense Supply Agency, September 1972.
Changes in lubricants are predicted due to development of new ash-less additives.
52. Waste Oil Recovery Practices, State-of-the-Art (1972), Prepared for the State of Maryland, Maryland Environmental Service and U.S. Environmental Protection Agency, by Environmental Quality Systems, Inc., PB-229 801, December 1972.
This status report also includes a survey of existing laws and regulations.

1971

53. Waste Oil Recycling, Issue Support Paper, Bureau of Mines. Available from Bartlesville Energy Technology Center, Bartlesville, Oklahoma, 1971, 41 pp.
This is an overview of the waste oil situation.
54. Used Oil: A Waste? or a Resource? by Wilfred H. Shields and Walter Miles, Maryland Environment Service and Dept. of Health and Mental Hygiene Report, April 1971.
This is a general article on the waste oil problem.

55. Lubrication by Raymond C. Gunther, published in Philadelphia by Chilton Book Co. and in Ontario, Canada by Thomas Nelson & Sons. Copyright 1971 by Raymond C. Gunther.

Text material of this book includes the fundamental categories related to lubrication science:

1. Chemical and physical description of lubricants of various kinds and states.
2. Bases of lubricant selection.
3. Methods of lubricant application.
4. Care and handling of lubricants and operating systems.
5. Basic frictional components.
6. Mechanics of machinery.
7. Description of the major types of machinery.
8. Lubricants in nuclear power plants.