



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

20981

ORGANISATION DES NATIONS UNIES
POUR LE DEVELOPPEMENT INDUSTRIEL

Distr.
RESTREINTE
IO/R.296
10 décembre 1993
ORIGINAL: FRANCAIS

ASSISTANCE TECHNIQUE A L'OFFICE DES PYRETHRES DU RWANDA

XA/RWA/93/602

RWANDA

Rapport technique: Coordination des actions engagées*

établi pour le Gouvernement de la République du Rwanda
par l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel

D'après l'étude de M. Yves Barthelemy,
Ingénieur Consultant, expert près les Tribunaux

Fonctionnaire chargé de l'appui : M. Arnaud Atger
Service des Industries Chimiques

* Les appellations employées dans cette publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part du Secrétariat de l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel (ONUDI) aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. Document n'ayant fait l'objet d'aucune mise au point rédactionnelle.

TABLE DES MATIERES

	Page
I. RESUME.....	2
II. SCHEMA DU PROCEDE.....	3
III. INTRODUCTION.....	4
IV. COMMENTAIRES ET RECOMMANDATIONS.....	5
V. CONCLUSIONS.....	9
Annexe 1: Rapport de mission à Kigali et Ruhengeri.....	10
Annexe 2: Schéma simplifié Pyréthre raffiné et légende...	16
Annexe 3: Spécifications des produits finis et intermédiaires de fabrication.....	18
Annexe 4: Bibliographie principale.....	19
Annexe 5: Carte du Rwanda et situation de l'usine.....	20
Annexe 6: Commentaires de l'administrateur du projet.....	21

I.-

RESUME

Depuis la dernière tentative de mise en route faite en 1986, l'usine de raffinage de l'extrait brut de Pyrèthre à Ruhengeri ne fonctionne pas.

Le Gouvernement Rwandais et l'ONUDI ont décidé en 1993 de faire diagnostiquer les causes de ces échecs en confiant à un Laboratoire Pilote indépendant (ARCHIMEX à Vannes- FRANCE) la tâche de vérifier la validité du procédé existant et éventuellement de l'améliorer ou même de le modifier dans son principe.

Les installations de l'usine de raffinage étant de nature industrielle et leur usage en fonction du procédé nécessitant des connaissances pluridisciplinaires, une mission de coordination a été confiée à un ingénieur consultant indépendant et expérimenté dans les techniques de raffinage et d'extraction des plantes.

Les constatations faites à ce jour révèlent que le procédé existant est, à quelques variantes près, largement décrit dans une abondante littérature et que sa mise en oeuvre dans les locaux d'ARCHIMEX a présenté quelques difficultés physico-chimiques pour l'obtention du rendement.

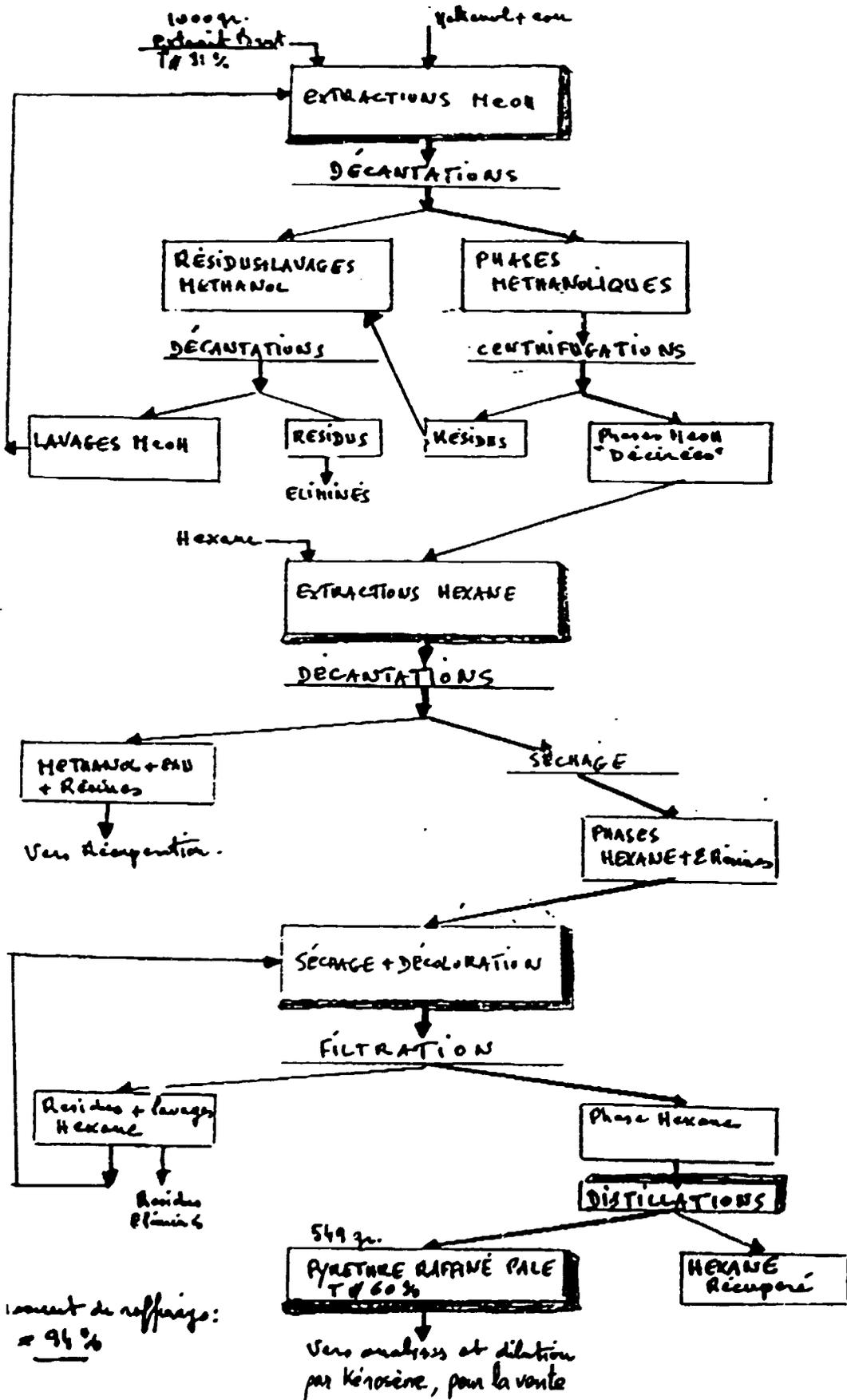
Sa transposition dans l'unité industrielle devra s'accompagner d'une longue formation du personnel sur place par des techniciens industriels indépendants très expérimentés avec ce type d'installation (du type de celles qu'on trouve à Grasse) car selon notre expertise, c'est l'enchaînement des stades successifs non réussis du procédé qu'ont provoqué la majeure partie des échecs passés.

La remise en route de cette unité demandera, en outre, des mesures d'accompagnement concernant: la culture de fleurs plus productives, l'amélioration du rendement de l'extrait brut, le contrôle des bilans matières et des intermédiaires; on devra également prévoir l'embauche de personnel d'encadrement qualifié.

Il serait souhaitable que le Gouvernement Rwandais en concertation avec l'ONUDI, puisse définir, dès le début de l'année 1994, des actions à entreprendre et des dépenses complémentaires devant être engagées pour pouvoir appliquer les recommandations faites ici.

II.-

SCHEMA DU PROCEDE



III.-

INTRODUCTION

L'histoire de la culture et de la transformation de *Chrysanthemum cinerariaefolium* d'abord dans les Balkans puis au Japon et enfin dans l'Est Africain a été suffisamment décrit dans des rapports précédents (cf. rapport ONUDI DP/ID/SER.A.89 ou PYRETHRUM-CASIDA, 1973).

Toutefois pour le Rwanda il est nécessaire de faire ce point afin de comprendre l'urgence à solutionner un problème qui n'a que trop duré.

Les fleurs séchées puis l'extrait étaient très recherchés par les USA (MGK en particulier) et se fournissaient au Kenya, en Tanzanie, au Zaïre, etc...; le Rwanda exportait une partie de ses fleurs séchées et en vendait au Kenya pour extraction. En 1963, le Kenya et le Zaïre refusaient les fleurs du Rwanda. En 1966, une fermière américaine résidante au Rwanda réussit à intéresser le Gouvernement Rwandais et l'ONUUDI à la construction d'une usine d'extraction à Ruhengeri.

Cette usine a été opérationnelle en 1971 (Pyrethrum-Casida 1973 et ONUDI DP/RWA/76/503). Elle a été conçue pour le traitement de 3 000 tonnes de fleurs séchées par an, en 250 jours, par 3 équipes de 8 h, et pour conduire à un rendement d'environ 4,5 % d'extrait brut par rapport aux fleurs séchées, soit environ 130 tonnes par an d'extrait brut de titre supérieur à 31% en "pyréthrines" (cf. rapport ONUDI/TCD/356/1974).

Après le démarrage satisfaisant de cette usine, son deuxième client, après MGK, la Société FMC Refinery à Baltimore, ferma ses portes en 1972. Or les besoins s'orientaient vers un extrait pâle raffiné, ne tâchant pas, ne bouchant pas les valves des nouvelles bombes à aérosols, à pulvérisateur.

Le Gouvernement Rwandais et l'ONUUDI envisagèrent alors de créer sur le même site de Ruhengeri une unité de raffinage capable de traiter les 130 Tonnes/an potentielle d'extrait Brut en extrait "Pâle" répondant aux normes AOAC (Association of Official Agricultural Chemists). Il convient de noter dès à présent que de 1972 à 1976 le tonnage de fleurs séchées oscilla entre 1 174 T et 1 753 T/an seulement et que ce tonnage est toujours du même ordre de grandeur en 1993 pour des raisons internes. Il y a donc eu sur-dimensionnement de l'unité de raffinage et abandon d'une conception de procédé discontinu (par batches) plus simples à faire fonctionner, au profit d'un procédé, souvent aveugle, en semi-continu et continu.

Les études commencèrent en 1974 mais ne furent concrétisées qu'en 1982 (4,5 M US\$, dixit OPYRWA) en une unité de raffinage qui ne donna satisfaction ni en rendement de production, ni en qualité; une tentative de réhabilitation fut lancée en 1986 (+ 2,5 M US\$, dixit CPYRWA) et se traduit actuellement encore par un échec par suite à notre avis d'un manque d'adéquations croisées entre:

- le procédé, très délicat;
- l'installation industrielle, très compliquée;
- la formation du personnel, inexistante.

En 1993, le Gouvernement Rwandais et l'ONUUDI ont décidé une nouvelle tentative de remise en marche de cette unité en faisant appel, à différents

niveaux, à des spécialistes de l'extraction et de la conduite industrielle de l'appareillage correspondant.

IV.-

COMMENTAIRES ET RECOMMANDATIONS

Ce rapport final de la mission XA/RWA/93/602 fait suite à plusieurs rapports partiels :

1. rapport interne du 20/11/1993 relatif à la sélection, à Vienne, du contractant chargé de l'étude, de la vérification et de l'amélioration du procédé actuel de raffinage du Pyrèthre brut.
2. rapport détaillé du 8/11/1993 décrivant les résultats de la mission à l'usine de RUHENGARI, au Rwanda, figurant en ANNEXE I.
3. rapport du 2/12/1993 résumant le début des études effectuées par ARCHIMEX, à Vannes- France.

Au cours de ces deux mois nous avons déjà fait connaître un certain nombre de faits nouveaux relatifs non seulement aux conditions techniques des démarrages de 1982 et 1986 de l'usine de raffinage mais aussi les conditions socio-économiques de cette éventuelle production d'extrait de Pyrèthre "Pâle". Les insuffisances ou les anomalies constatées conduisent aux suggestions suivantes:

1. Tout investissement humain ou matériel doit tenir compte de l'état latent de trouble régnant en particulier dans la région de Ruhengeri. La Sécurité des Personnels, des biens et des approvisionnements sont les conditions élémentaires de la réussite et de la pérennité d'une production.
2. L'exportation de l'Extrait "Pâle" est soumise à d'importantes fluctuations sur les marchés mondiaux tant en quantités nécessaires qu'en prix; ces fluctuations correspondent, entre autres, à une plus ou moins grande invasion par les insectes des pays consommateurs en fonction de leurs conditions climatiques.
Il faut en tenir compte dans l'établissement des comptes d'exportations prévisionnels et s'orienter vers la création de stocks tampons, qu'il faudra financer.
3. La structure chimique des molécules de "Pyréthrines" les rend sensibles à l'oxydation (coupures des carbonyles ou des esters, par exemple), à la lumière (abondance de doubles liaisons) et à la température (idem) ce qui limite son utilisation massive en plein air (Agriculture-lutte insecticide, etc...) malgré l'adjonction d'anti-oxydant. C'est une des raisons pour lesquelles de grands groupes chimiques mettent au point et commercialisent des pyrèthrinoides de synthèse ne présentant pas ces inconvénients tout en gardant les qualités d'efficacité et d'écologie des dérivés du pyrèthre naturel. En outre, leurs prix sont de 2 à 6 fois moins élevés, à efficacité égale, que les formulations à base de pyrèthre "Pâle".
Une étude de marketing très fine devra donc être lancée, afin de se conforter ou non dans la décision de poursuivre le projet.
4. Au Rwanda, la poussée démographique est telle que les surfaces cultivables en production vivrières sont d'ores et déjà insuffisantes; on peut alors craindre que les surfaces réservées à la culture des fleurs de pyrèthre

diminuent dans la décennie à venir si leurs sols sont cultivables en plantes vivrières.

Il faut absolument que l'Institut Agronomique Rwandais fournisse, soit de nouveaux clones, soit de nouvelles semences conduisant à une production pondérale à l'hectare plus importante de fleurs ayant une teneur en "Pyréthrinés" améliorée.

Car ces dernières années le rendement à l'hectare est passé de 2 500 Kg en 1981 à 1 500 Kg en 1991 (rapport Le Mouel daté de Juin 1991) et le rendement d'extraction de l'extrait brut respectivement de 5 % à 3,9 %.

Comme le rendement de séchage des fleurs fraîches est de l'ordre de 20 % on ne récupère que

$$0,039 \times 0,2 \# 0,8 \%$$

des "pyréthrines" contenues dans les fleurs alors qu'elles sont annoncées à plus de 1,5 % (rapport DP/RWA/66/503 et autres).

Il faut rechercher la raison de ces pertes.

5. L'application du procédé de raffinage actuel, confirmée par ARCHIMEX, tenant compte ou non des améliorations apportées par cette Société, ne pourra être satisfaisante que par la formation pendant plusieurs mois du personnel sur place.

Notre avis, confirmé par d'autres en France comme au Rwanda, est que ce procédé, décrit classiquement dans de nombreuses publications de 1936 à aujourd'hui, n'est applicable qu'à condition de connaître quelques tours de mains et de maîtriser parfaitement les installations industrielles.

C'est là que résident 80 % des difficultés à résoudre.

On peut en effet, à priori, déterminer au moins 6 points importants dont nous avons fait part à ARCHIMEX et qu'il faudra maîtriser physico-chimiquement et technologiquement:

- 5.1.: L'extraction méthanol + eau, de l'extrait brut dans le réacteur MS 30 où une partition doit se faire avec un **MAXIMUM** de "pyréthrines" solubilisées et **MINIMUM** de cires + résines DISSOUTES.

La connaissance de la composition de l'extrait brut permet de raisonner sur le choix des solvants ou des mélanges polaires - apolaires, nécessaires pour commencer la partition (cf. Head Pyrethrum Post 8 (4), 3, 7, 1966 et 10 (12) 17-21, 1969 et 10 (3) 27-31, 1970 ou Griffin 10 (3) 1975):

"Pyréthrinés" Totales.....	# 30 à 35 %	
Acides gras.....	# 20 %	‡
Acides gras hydroxylés.....	# 20 %	‡
Alcanes.....	# 4 %	‡ Cires et
Caroténoïdes.....	# 1 %	‡ résines:
Sterols.....	# 5 %	‡ # 65-70%
Chlorophylles.....	# 0,1 %	‡
Indéterminées.....	# 15-20 %	‡

PRASAD (Chem. and Ind. 1969, 23, 756, 757) insiste aussi sur la grande efficacité du méthanol à 10 ou 20 % d'eau pour le raffinage de l'extrait brut. Dans ce mélange, la partition est encore meilleure si on glace à - 20°C pendant quelques heures.

Or nous avons constaté des imprécisions dans le procédé à ce niveau et une anomalie dans l'appareillage utilisé pour centrifuger

les "cires" et les éliminer complètement de la suite du procédé.

5.2.: L'extraction de la solution méthanolique par l'hexane dans les extracteurs MS 34 et MS 35 et la suite, afin d'extraire définitivement la totalité des "Pyréthrines" et encore le minimum de résines et cires, en profitant que les "pyréthrines" sont plus solubles dans les solvants peu polaires (alcools, eau,).

C'est classique, mais à ce jour nous ne disposons d'aucun renseignement sur le temps de séjour, les bilans matières, la qualité de l'isolat, car l'installation monolithique ne permet pas facilement ce genre de mesures, qu'il faudra pourtant exécuter.

5.3.: La décoloration de la solution hexanique dans le réacteur B16 et la suite.

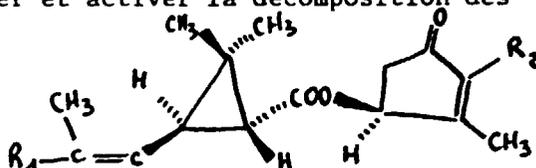
Cette étape peut paraître benigne mais elle va, en grande partie conditionner la couleur du produit final.

Le choix d'un charbon plus actif CXV (CECA) semble acquis et ses conditions d'emploi (pourcentage, milieu réducteur, etc...) sont encore à préciser ainsi que le pourcentage de BHT à utiliser.

5.4.: La distillation de l'hexane et le stripage final dans les évaporateurs W13, B18 et suivants.

C'est aussi un lieu de décomposition et de coloration possibles. On portera une attention particulière au temps de distillation, à la température qui devra être inférieure à 60°C, au vide profond et au bon fonctionnement des éjecteurs (quelques mm).

5.5.: Comme tout au long du procédé, l'extrait pâle de "pyréthrines" est labile lors du stockage soit par altérations de son reliquat de cires et résines comportant des graisses, etc., qui peuvent se dégrader et activer la décomposition des "pyréthrines":



où R₁ et R₂ sont des groupements riches en radicaux oxygénés et/ou en doubles liaisons, sensibles soit à l'oxydation, soit aux rayons lumineux (UV en particulier) soit à la température (vibration de la molécule).

MOORE (Journ. Scient. Fed. Agr. 1954-5-500) et plus récemment HEAD (Pyrethrum Post n°1, 11, p. 24 à 28), ont mis en évidence une bonne stabilité d'un extrait de titre 50%, conservé 6 mois à 20°C, à condition de bien adjoindre 4 % de BHT. Or nos conditions de travail et de stockage le sont à des températures supérieures à 20°C et la quantité d'anti-oxydant ajouté est inférieure à ces 4 %. Ces points sont à réviser industriellement.

5.6.: L'absence de qualification du personnel est patente: deux des anciens responsables sont partis et le personnel actuel n'a pas été formé et/ou a oublié une grande partie des acquis de 1986. La solution que nous proposons est d'envoyer en mission pour deux

mois un Ingénieur et un Agent de Maîtrise rompus à l'utilisation et à la maintenance de telles installations (à Grasse, par exemple) et qui formeraient l'équipe Rwandaise d'exécution.

Dans un premier temps on procéderait à une opération de repérages et de marquages en clair des installations, puis dans un deuxième temps on procéderait à des simulations de transfert avec de l'eau jusqu'à ce que les automatismes soient bien ancrés dans les gestes et la compréhension des opérateurs locaux. Au passage, on résoudreait aussi un certain nombre de problèmes techniques (centrifugeuse, extracteur, distillateur, etc...). Cette formation devrait durer un mois et nous pouvons recommander les deux techniciens cités ci-dessus.

Cette équipe procéderait ensuite durant 1 mois et sous l'autorité et la responsabilité de l'Ingénieur Rwandais, embauché en temps voulu, à la mise en route de fabrications réelles.

Celles-ci seraient suivies classiquement par des feuilles de route, des feuilles de travail, des bulletins d'analyses, etc.. en vue d'aboutir à la rédaction de documents techniques et comptables (procédés, analyses, consommations, délais de fabrications, fiches de stocks, etc...) fiables, compréhensibles et utilisables par ceux dont la mission sera de gérer, de produire, de commander les matières premières et emballages, de coordonner les activités entre plantations et expéditions des produits raffinés; le tout en sauvegardant la teneur en "pyréthrines" à tous les niveaux et en évitant les rompus de la chaîne de production afin de limiter les pertes dans les hold-up. Les rendements ont pour objectifs une teneur de 31 % en "pyréthrines" pour l'extrait brut et un rendement de 94 % d'extraction de ces "pyréthrines" dans l'extrait purifié "pâle". Notons qu'une variation de 1 % sur chacun de ces rendements peut entraîner une variation globale de 4 %, soit sur 30 tonnes annuelles, environ 30 500 US\$:

$$\begin{aligned} & [30 \text{ T } (0,31 \times 0,94)] - [30 \text{ T } (0,30 \times 0,93)] = 372 \text{ Kg} \\ & = 462 \text{ Kg à } 25 \% \times 66 \text{ US\$ } \# 30 \text{ 500 US\$} \end{aligned}$$

Le produit raffiné "Pâle" a, selon les auteurs, une teneur de 40 à 60 % en pyréthrines. Cela laisse à penser qu'il reste encore # 50% de cires + résines et qu'il y a peut-être là, matière à concurrence si on peut, économiquement, purifier d'avantage l'extrait pâle.

V.-

CONCLUSIONS

Enfinement et en tenant compte des 3 rapports évoqués précédemment, on peut conclure:

1. Que le procédé actuel dans son principe est valable bien que délicat et insuffisamment paramétré.
2. Que des améliorations et simplifications apportées par les travaux d'ARCHIMEX (voir leurs propres rapports) sont applicables moyennant de légères modifications de l'installation industrielle.
3. Que la partie analytique et d'aide à la fabrication doit être renforcée en matériel d'analyses et en formation du personnel.
4. Que la principale difficulté pour l'utilisation de l'unité actuelle ne sera résolue que par la formation sur place du personnel d'exécution par du personnel expérimenté externe.
5. Qu'il est nécessaire, économiquement, de vérifier la teneur en "pyréthrines" des fleurs humides et sèches, le rendement de l'usine d'extraction de produit brut.
6. Que les décisions concernant le devenir du projet doivent être prises en tenant compte:
 - a) de la situation socio-économique du pays;
 - b) de la nécessité d'augmenter le rendement pondéral à l'hectare afin de réduire les surfaces nécessaires;
 - c) d'améliorer la teneur en "pyréthrines" des fleurs par de nouveaux clones ou de nouvelles semences afin d'augmenter la productivité;
 - d) de ne pas perdre de vue la possibilité d'une méthode d'extraction alternative à court terme, afin de concurrencer en rapidité et qualité les producteurs classiques actuels.
 - e) de s'appuyer sur une étude marketing approchant sur 5 ans les besoins en "pyréthrines" sous différentes formes.
 - f) de déclencher une étude et la réalisation d'un programme de sécurité lié à l'emploi de solvants dangereux. Nous pouvons recommander un expert.
 - g) d'une diversification de la fabrication vers l'extraction de plantes cultivables au Rwanda.

RAPPORT PRELIMINAIRE
Mission de Messieurs A. ATGER et Y. BARTHELEMY
au RWANDA du 1er au 10 Novembre 1993

ANNEXE I

Projet XA/RWA/93/602 d'assistance à l'Office des Pyrèthres du Rwanda (OPYRWA)

Kigali, le 8 Novembre 1993

I. PERSONNES RENCONTREES:

Mr. Ahmadou LY, Représentant Résident au PNUD
Mr. Yvon LE MOAL, Représentant Résident Adjoint
Mr. Assadi AHAMADI, Assistant du Représentant Résident
Mr. Jean-Michel MARLAUD, Ambassadeur de France au Rwanda
Mme Heike PUPPE, Premier Secrétaire de l'Ambassade d'Allemagne au Rwanda
Mr. Charles NYAMURGENDAHO, Directeur a.i. de l'Industrie, MICOMART
Mr. Claudien HABAYARIMANA, Directeur de l'OPYRWA
Mr. Sylvain NZABAGAMBA, Chef du Laboratoire de l'OPYRWA

II. LIEUX DES RENCONTRES:

Le PNUD de Kigali
Le Siège de l'OPYRWA à Kigali
L'usine OPYRWA à Ruhengeri
Différents bureaux

III. SITUATION DE L'UNITE DE RAFFINAGE DE L'USINE OPYRWA à RUHENGERRI:

III.1 Nous ne reparlerons pas de l'unité d'extraction du Pyrèthre brut, ni de la situation économique de l'OPYRWA, les deux sujets ayant déjà été traités dans des rapports précédents et en particulier dans celui de Guy LE MOUËL lors de la mission de Juin 1991.

III.2 Suite à une réunion avec Mr. C. HABAYARIMANA, nous apporterons seulement les informations suivantes:

2.1 L'ancien Directeur Mr. A. BIZIMANA, devenu Ministre de la Défense, est remplacé par Mr. C. Habayarimana.

2.2 Le Chef de fabrication, Mr. KARAKEZI, a été nommé Bourgmestre et doit être remplacé.

2.3 L'usine a été fermée de Février 1993 à mi-Octobre 1993 en raison des combats qui ont eu lieu dans le Nord du Pays. Beaucoup de cadres, agents de maîtrise, et Chef d'équipes ne travaillent pas de façon continue dans l'usine, en raison de l'insécurité latente dans cette région.

2.4 Les surfaces plantées ont suivi l'évolution suivante:

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
ha	2290	2800	3400	3500	4018	2389	estim.:3500

2.5 La production d'extrait brut

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
kg			32750	31612	45716	30000	estim.:32000

2.6 Le prix de revient de l'extrait brut
 1988 1989 1990 1991 1992 1993 1994
 FRW 5932 5805 6150 estim.:6150

2.7 Le prix de vente moyen de l'extrait brut à 25'.
 1988 1989 1990 1991 1992 1993 1994
 US\$/kg 66 66 66 66

2.8 Le prix moyen international de produit pur à 20% est de US\$ 84/kg.

2.9 A cause des événements, seule une petite récolte de fleurs fraîches est en cours, qui donnera # 800 tonnes de fleurs sèches pour l'ensemble de l'année 1993, soit environ # 24 tonnes de produit brut. Le stock en fleurs sèches est # 800 tonnes équivalent à 24 tonnes de produit brut.
 Le stock en pyrèthre Brut est # 27 tonnes.

2.10 La répartition actuelle approximative de production mondiale de fleurs sèches serait la suivante par an (source: OPYRWA):

PAYS	1992/1993	1993/1994
KENYA	17 700 T	16 000 T
TANZANIE	1 800 T	1 500 T
RWANDA	800 T	800 T
P. NLE GUINEE	300 T	300 T
CHINE	?	?
AUSTRALIE	1 700 T	1 700 T
TOTAL ESTIME	22 300 T	20 300 T

Le marché du pyrèthre (toutes fleurs de pyrèthre) serait ventilé comme suit:

USA..... 10 000 T
 Europe de l'Ouest.. 2 500 T
 Asie..... 300 T
 Moyen Orient..... 1 000 T
 Afrique..... 500 T
 Autres..... 200 T
 TOTAL ESTIME..... 15 000 T

2.11 D'après la littérature spécialisée, les besoins mondiaux en fleurs de pyrèthre séché ont évolué de la façon suivante:

1990 14 650 tonnes
 1991 17 375 tonnes
 1992 20 700 tonnes (OPYRWA en Brut: 33 tonnes, # 1.6%)
 1993 23 500 tonnes (estimation)

Des fluctuations importantes (-30, -40%) ont été constatées durant la période 1967-1990 et la prudence conduit aux fourchettes

suivantes:

Maximum: 19 000 à 20 000 tonnes/an

Minimum: 15 000 à 16 000 tonnes/an

Une pénurie ou une abondance font varier les prix mondiaux de façon importante et il est très difficile ensuite de les faire retourner à leur valeur initiale.

III.3 Au cours de la réunion à Ruhengeri avec différents membres de l'OPYRWA nous avons fait les commentaires suivants:

3.1 La capacité maximale de l'usine de Ruhengeri est estimée à 125 tonnes de Pyrèthre brut par an.

L'usine de raffinage a été conçue en fonction de cela. En réalité OPYRWA n'a produit au maximum que 33 à 35 tonnes par an de produit brut à 31%.

Cette situation est liée au fait que les surfaces plantées n'ont jamais été suffisantes, probablement pour la raison que les terres cultivables le sont pour des productions vivrières de première nécessité et aussi plus rentables à l'hectare.

3.2 La purification de cet extrait brut n'a pas été une réussite malgré l'intervention de deux concepteurs-réalisateurs de l'unité de raffinage, l'autrichien VEW et l'anglais Mitchell Cotts, en 1986. D'après les acteurs actuels, Mitchell Cotts a obtenu un brevet de satisfecit qui n'était peut-être pas justifié ; aucun produit "Pyrèthre Pâle" n'ayant été produit de façon conforme par la suite par les opérateurs locaux.

3.3 On se trouve donc toujours face au problème technique de 1982: comment purifier un extrait brut de Pyrèthre de titre # 31% et contenant 69% de produits résiduels tels que colorants (caroténoïdes et chlorophylle), résines, graisses (acides gras, stérols, etc..). Le laboratoire local d'analyse de l'OPYRWA est tellement mal équipé déjà pour assurer ses propres travaux, qu'il ne peut servir d'aide à la fabrication.

3.4 C'est en raison des paragraphes 3.2 et 3.3 qu'un laboratoire de mise au point et de pilote a été recherché afin de tenter de produire un "Pyrèthre Pâle" correspondant aux normes AOAC données en ANNEXE 3 et qu'en définitive, après une sélection sérieuse, la Société ARCHIMEX a été retenue.

3.5 La visite de l'unité de raffinage donne un premier sentiment d'appareillages de très bonne qualité, bien implantés. En seconde analyse et après lecture du mode d'utilisation et suite à une discussion avec ceux des opérateurs qui ont participé aux travaux de 1986, il apparaît que l'ensemble des flux et certains appareillages de l'unité sont trop sophistiqués et compliqués, compte tenu de la technicité locale des conducteurs d'appareils, et du Service Entretien. En outre, l'enclavement et les distances avec l'occident ne

facilitent pas les échanges d'informations et de fourniture de pièces de rechanges ou de modifications.

- 3.6 Pour une compréhension facile (mais largement incomplète compte tenu de tous les recyclages de flux à exécuter), nous avons dressé le flow-sheet joint en ANNEXE 2.
- 3.7 Nous avons au cours de la visite fait part des observations que notre expérience nous suggérerait au niveau:
- a) De la centrifugeuse Westfalia, difficilement réglable et sans diaphragmes modulaires.
Dans ces conditions, il est inévitable que du produit solide ou émulsionné souillent la phase méthanolique et créent des problèmes à l'interface Méthanol-Hexane suivante en perturbant le transfert et la franche séparation des deux phases.
 - b) Des deux extracteurs Graessler MS 34 et MS 35.
Le rendement final et la pureté du produit désiré dépendent de façon absolue de la conduite de cette opération de dégraissage et de transfert de phase à phase. Or aucune sécurité ne permet de s'assurer du respect des consignes données. Au dire des opérateurs qui ont vécu les essais M.Cotts en 1986, le fonctionnement des extracteurs et de la suite n'a pas été satisfaisant et en tous les cas n'a jamais pu être répété par les opérateurs locaux, d'où l'arrêt de l'unité de raffinage depuis 10 ans.
 - c) Du séchage-décoloration de la phase Hexanique dans le B16.
Charger simultanément du sulfate de Sodium, du BHT, de la Célite, et du charbon actif risque fortement de nuire à la fonction décoloration du charbon dont les pores d'absorption vont être bouchées.
 - d) Enfin, les conditions de températures et de vide nécessaires lors de la distillation de l'hexane dans le film tombant no W13 puis de la distillation moléculaire dans l'évaporateur no CM B18 peuvent ne pas avoir été respectées et participer à la coloration du produit.

IV. CONCLUSIONS:

L'état technologique et physico-chimique du procédé actuel ne permettent pas à cette mission ONUDI de faire dès à présent des recommandations mais seulement des commentaires que doivent exploiter les intéressés.

- 4.1 Le laboratoire d'analyses de Ruhengeri doit être ré-aménagé, repeint et équipé à nouveau, rapidement, d'appareils de première nécessité afin d'apporter aussi une aide à la fabrication:
- un spectrophotomètre + une balance 0-500 grammes type Mettler
 - un Karl-Fisher et six bouteilles de réactif Méthanol-Pyridine
 - un évaporateur rotatif + verrerie de base
- A noter que la dépense pourrait dépasser les US\$ 20,000 annoncés.

- 4.2 Il faut complètement nettoyer extérieurement et intérieurement tous les appareils de l'unité de raffinage afin qu'en partie ou en totalité, elle soit exploitable si un nouveau procédé le nécessite.
- 4.3 Le procédé Cotts et sa composante technologique ne sont probablement pas adaptés à une unité au Rwanda, en zone troublée.
Non seulement les flux et recyclages sont très compliqués, donc onéreux pour un produit à US\$ 66 le kilo, mais les hold-up dans les appareils sont très nombreux et volumineux et en cas de troubles ou de dysfonctionnement dans la ligne de travail, le pyrèthre peut s'altérer au cours du temps quant on sait qu'il est très sensible à la lumière, à l'oxydation, à la température, à la présence de certains métaux lourds (soudures, plomb, cuivre, zinc, par exemple).
- 4.4 Ceci conduit à penser qu'un nouveau procédé - extraction par CO₂ ou chromatographie préparative ou entraînement à la vapeur, etc.. peut être envisagé, si le fonctionnement est plus simple et sa maintenance pas compliquée - le coût de la purification, amortissement compris, ne devant pas dépasser US\$ 10 par kilo. L'augmentation du prix de vente du produit pur par rapport au produit brut couvrant largement ce sur-coût (dixit OPYRWA).
- 4.5 En outre, une stabilité et une augmentation du rendement de purification conduiraient à une diminution du prix de revient du produit pur qu'on estime à US\$ 1 par 1 % de rendement gagné sur le rendement de 94% avancé par le "procédé" actuel.
- 4.6 Dans le cas du paragraphe 4.4, la totalité ou partie de l'unité de raffinage actuelle après modification et simplification pourraient servir à la diversification souhaitable d'OPYRWA vers des huiles essentielles et/ou des oléorésines à partir d'éléments végétaux poussant ou à cultiver dans le pays et commercialisables sur le Marché Mondial. Il serait souhaitable d'avoir l'inventaire de ces possibilités végétales.
- 4.7 En outre et par référence à d'autres extractions de végétaux on peut affirmer que le rendement et la qualité du produit purifié final sont améliorés si l'obtention du produit brut initial résulte d'une bonne optimisation:
- des variétés florales cultivées (clones, ..)
 - de la nature des sols, des engrais, de l'exposition,
 - des heures de cueillette, de la maturité,
 - du stockage humide, du mode et du temps de transport,
 - du mode de conditionnement,
 - de la température et du temps de séchage,
 - du mode de broyage,
 - du mode de stockage du produit sec broyé
 - des paramètres physico-chimiques du procédé d'extraction du produit brut (température, temps, solvants, additifs, concentration, etc...).
- 4.8 Enfin il est indispensable, quelque soit le procédé retenu, de fournir à cette unité une équipe de professionnels motivés et désireux de faire réussir leur unité en dehors de toute autre considération.

Chaque homme a sa place doit être un spécialiste pointu:

1. production et organisation du personnel;
2. analyse et aide à la fabrication;
3. logistique et ingénierie.

C'est une équipe qui gagnera et non pas une ambition ou un procédé, surtout si ce dernier est mal appliqué.

- 4.9 Dès que les résultats des travaux d'ARCHIMEX seront connus fin 1993-début 1994 l'objectif de la prochaine réunion serait de constater comment l'OPYRWA a tenu compte des commentaires mentionnés ci-dessus.

La définition par l'OPYRWA de la suite opérationnelle à donner serait faite à cette occasion. Une des clauses la plus importante aurait trait à la formation pendant plusieurs mois à Ruhengeri de l'ingénieur Chef de Fabrication par un ingénieur européen, spécialiste de l'extraction et de l'ingénierie. Il convient de noter que le problème actuel n'est pas seulement un problème d'extraction (2 appareils) mais le fonctionnement, de façon cohérente, de toute la ligne de production (environ 25 appareils en série, avec tuyauteries de flux et reflux des phases, etc..). Selon nous, 50 pour cent du problème à résoudre se trouve à ce niveau.

LEGENDE DU SCHEMA SIMPLIFIE PYRETHRE RAFFINE

- MS 30: Dissolveur Pyrèthre brut + Méthanol à 80%
- B10-B11: Stockages de la dissolution
- C: Séparateur, Centrifuge Westfalia
- B5-Bo: Stockages du jus méthanolique filtré
- MS34-MS35: Extracteurs à contre courant hexanique
- S1: Stockages du jus méthanolique extrait
- B35-B41: Décanteur et sécheur de la phase hexanique
- B16: Cuve de décoloration
- F3: Filtre à plateaux
- B42: Stockage de la phase hexanique décolorée
- W13FT: Flux tombant pour chasser l'hexane
- CMB18: Evaporateur Couche Mince
- S2: Réception du pyrèthre raffiné dont le titre sera ajusté par du
 kérosène désodorisé.

**SPECIFICATIONS DES PRODUITS FINIS ET INTERMEDIAIRES DE FABRICATION
PROJET PYRETHRE**

A. QUALITE DE L'EXTRAIT BRUT:

Teneur en pyrèthre: 31 p. 100 AOAC 9 min.
Teneur en hexane: 1,5 p. 100 m/m maxi.
Teneur en fer: 65 ppm m/m max
Age: 6 mois maxi.

B. SPECIFICATIONS DU PRODUIT:

Les spécifications de l'extrait pâle raffiné seront les suivantes:

1. Teneur en pyrèthrine: 25 p.100 (A.O.A.C., 9^{ème} édition)
2. Couleur (Cardner Holt): inférieur ou égal à 12
3. Humidité (teneur en eau): inférieur ou égal à 500 ppm
4. Turbidité inférieur ou égal à - 1 °C
5. Teneur en fer: inférieur ou égal à 60 ppm
6. Solubilité dans du kérosène désodorisé (par exemple EXXON ISOPAR M): 1 part d'extrait pâle raffiné pour 99 parts de kérosène clair pendant 2 heures (méthode P.B.K)
7. Point éclair (T07): 82 p. 100 min.
8. Teneur en acide: Min. 5 , Max. 20
9. Insoluble dans le fréon: 0,3 p. 100 à 25 p. 100 A.O.A.C. max.
10. Coefficient d'extinction: 0,10 max. à 25 p. 100 A.O.A.C.
11. Densité spécifique à 20 °C: 0,845 à 0,865
12. Aspect: L'extrait raffiné sera une solution claire concentrée à 25 p. 100.

Remarque importante: Le point éclair et la densité spécifique mentionnés aux points 7. et 8. ci-dessus seront modifiés selon qu'il conviendra pour la sécurité du transport aérien et terrestre conformément au Règlement international des transports.

C. NOTE RELATIVE A LA RECUPERATION DES PYRETHRINES ET A LEUR STOCKAGE (ancien procédé):

Le taux de récupération devra atteindre un minimum de 94 p. 100. La récupération en pourcentage est définie comme:

$$\frac{\text{Poids de pyrèthrine en extrait pâle} \times 100}{\text{Poids de pyrèthrine en extrait brut}}$$

Comme l'acheteur voudra peut-être expédier par bateau ou par avion l'extrait raffiné à 60 p. 100 ppm, la Société garantit que l'analyse moyenne de chaque lot d'extrait raffiné produit sera supérieur à 60 p. cent (A.O.A.C., 9^{ème} édition).

Stockage du produit raffiné:

Les deux parties conviennent qu'à la dilution du concentré raffiné à 25 p. cent, l'extrait peut produire une fine précipitation de cire qui donnera, une fois filtrée, une solution claire et commercialisable. Cette solution peut, si elle est entreposée pendant une très longue période, continuer de produire une fine précipitation de cire qui devra être filtrée avant la vente pour donner une solution claire. Le produit de se gélifiera pas, c'est à dire qu'il donnera pas une gelée à 25 ou 50 p.100 de concentré à la température ambiante au Rwanda.

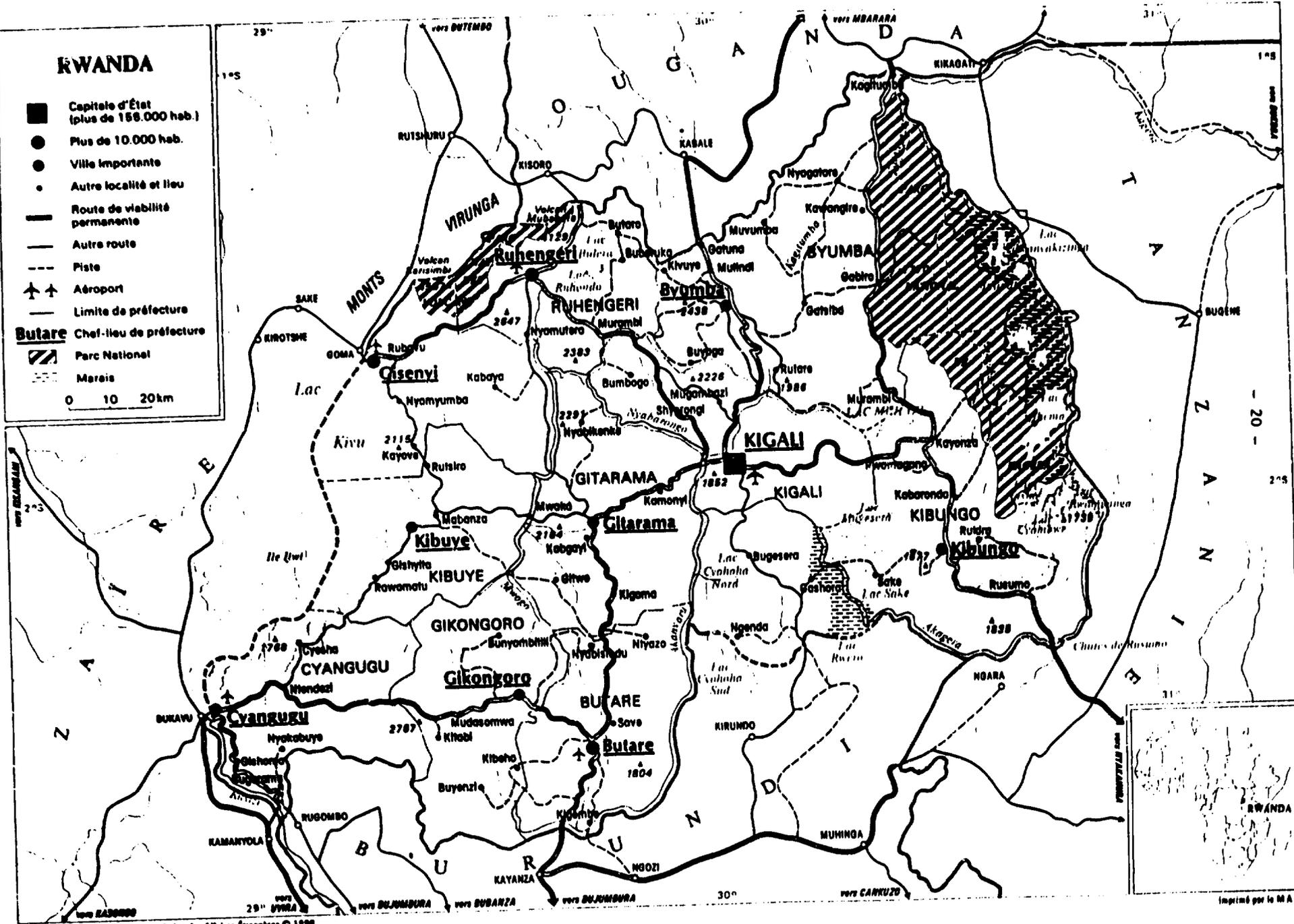
BIBLIOGRAPHIE

(Principaux ouvrages consultés)

- C.B. GNADINGER - Pyrethrum Flowers, 1936. MGK, Minneapolis, Minnesota
- J.E. CASIDA - Pyrethrum, 1973, Academic Press, Londres
- M. COTTS - Instruction d'exploitation, OPYRWA, 1986
- L. BEZANGER-BEAUQUESNE - Plantes Médicinales et Phytothérapie
1969 T III , 104, p. 296 à 309
1979 T XIII, 103, p. 213 à 238
- STAHL, E. SCHUTZ - Extraction CO₂, Planta Medica 40,12, 1980
- J. TESSIER, Pyrethrinoïdes de Synthèse, Actualité Chimique, Décembre 1986
- J. MARTEL, Nombreux brevets avec Roussel Uclaf
- P. ALLEN, Chromatographic Separation and Colorimetric determination of Pyrethrins - Agr. Food. Chem. Vol. 10, no3, May-June 1962
- H. BECKMAN, Identification of Components of the extract of pyrethrum flowers by gas chromatography J. of. G.C. August 1963
- S.W. HEAD, Quantitative determination of Pyrethrins by gas-liquide chromatography. Pyrethrum Post, Vol. 9, p 12 à 17, 1967
- DE PRINS, Colorimetric estimation of pyrethrins in Pyrethrums flowers Pyrethrum Post No 12, p 33, 1973
- KRISHNA DAR, Factors influencing efficient production of pyrethrins, Fitoterapia, T L XIV No 4, p 336 à 340, 1993.
- L.W. LEVY, Process for the extraction of Pyrethrins, Patent No 1071.557, Londres
- M. LLYOD, Patent 124 7224

RWANDA

- Capitale d'État (plus de 150.000 hab.)
 - Plus de 10.000 hab.
 - Ville importante
 - Autre localité et lieu
 - Route de viabilité permanente
 - - - Autre route
 - - - Piste
 - ✈ Aéroport
 - Limite de préfecture
 - Butare** Chef-lieu de préfecture
 - ▨ Parc National
 - ⋯ Marais
- 0 10 20km



Commentaires de l'administrateur du projet

Le rapport décrit le travail important réalisé par Mr. Barthelemy, consécutivement à un audit technique réalisé dans l'usine de production de pyrèthre de Ruhengeri. Les recommandations de l'ingénieur, spécialiste des technologies d'extraction de substances végétales, permettent de conseiller les cadres de l'OPYRWA et le Gouvernement Rwandais sur les problèmes qui se posent et sur la façon de les résoudre.

Les autorités Rwandaises ayant souhaité tirer profit de l'expertise de l'ONUDI pour mettre à jour et approfondir la stratégie industrielle du pays dans le cadre de la 2ème DDIA (Décennie du Développement Industriel de l'Afrique), ces interventions de l'ONUDI en collaboration avec le Gouvernement ont permis d'identifier les contraintes technico-industrielles qui se posent localement. Une des actions concrètes suggérées par l'expert consiste en particulier, à rééquiper le laboratoire d'analyse de Ruhengeri de matériel de première nécessité, permettant un appui à la fabrication.

Rappelons qu'aujourd'hui, dans la gamme des insecticides agricoles, les pyrèthrinoides occupent une place importante. En 1985, les surfaces traitées à l'aide de ces produits totalisaient 80 millions d'hectares; elles étaient de 130 millions d'hectares en 1990 pour un chiffre d'affaires de près de deux millions de \$US.

Les raisons de ces succès sont faciles à expliquer; ce sont:

- une sécurité d'emploi remarquable pour l'homme et les animaux à sang chaud en général, qui disposent d'un équipement enzymatique abondant et varié. Ces enzymes assurent une dégradation rapide des pyrèthrines naturelles et de synthèse;
- l'utilisation de doses très réduites, particulièrement efficace contre la plupart des familles d'arthropodes. Avec les meilleurs des pyrèthrinoides, les traitements des cultures ne requièrent que quelques grammes de matière active à l'hectare, telle la deltaméthrine commercialisée de nos jours;
- le faible niveau des résidus et la non-persistance dans l'environnement, résultant des faibles doses d'emploi comme d'une rapide biodégradation par les micro-organismes des sols et des milieux aquatiques.

A la différence des autres grands groupes d'insecticides chimiques, les pyrèthrinoides ont leur origine dans les produits naturels, les constituants de la poudre de pyrèthre. Celle-ci est obtenue à partir des capitules de la plante *Chrysanthemum cinerariaefolium* qui est très répandue.

Des conditions climatiques appropriées ne se trouvent normalement que dans les régions tropicales à haute altitude, où l'on enregistre une combinaison régulière de températures élevées le jour et basses la nuit. C'est précisément le cas au Rwanda où les fleurs de pyrèthre contiennent les plus hautes teneurs de pyrèthre au monde: 1,5 %.

Le pyrèthre, insecticide de contact puissant contre les insectes volants

et rampants, a une efficacité de courte durée et une très faible toxicité chez les mammifères.

Les perspectives pour de nouveaux producteurs restent cependant aléatoires car l'on sait que le rendement et la qualité du produit purifié final dépendent de facteurs très divers: qualité des variétés florales cultivées (clones), nature des sols, des engrais, de l'exposition, heures de cueillette, des modes de stockage, de transport et de conditionnement, de la température et du temps de séchage, du mode de broyage, etc., ainsi que du choix des paramètres physico-chimiques du procédé d'extraction (température, temps, solvants, additifs, concentration, etc...). C'est ce qui a justifié l'intervention de l'ONUDI, au Rwanda en particulier.

Les contraintes des problèmes à résoudre sont sévères: il faudra par exemple mettre au point une technique industrielle accessible aux populations Rwandaises. De plus, le procédé "adapté" devra permettre des économies de matières, des gains de productivité et une diminution du coût de la main d'oeuvre directe ou indirecte (amélioration de la qualification du personnel, de sa motivation et de son implication dans le travail, etc..). Tel est précisément l'objectif que ce sont fixé les équipes du Centre de Recherche et de Formation en Chimie extractive ARCHIMEX de Vannes, sélectionnées par l'ONUDI pour cette étude.

En complément de cette étude technique indispensable, l'ONUDI prévoit de contribuer à cerner les problèmes auxquels sont confrontés les responsables de l'OPYRWA dans la gestion de leur production, pour concevoir une politique marketing, faute de disposer d'éléments statistiques récents sur les productions et les ventes des diverses qualités d'extrait de pyrèthre commercialisées sur le marché international. Le but de l'étude qui est en cours sera de réactualiser les données des études antérieures, d'obtenir des informations actuelles sur le marché et ses tendances et de suggérer des orientations marketing pour élargir l'activité d'OPYRWA.

Nous souhaitons vivement que les nombreuses recommandations figurant dans le rapport puissent être prises en considération, pour assurer toutes les chances de succès à ce projet.

