

ROYAUME DE BELGIQUE
Ministère des Colonies

KONINKRIJK BELGIË
Ministerie van Koloniën

Bulletin Agricole du Congo Belge

Landbouwkundig Tijdschrift

voor Belgisch-Congo

Publié par la Direction Générale
« Affaires Economiques et
Agriculture ».

Uitgegeven door de Algemeene
Directie « Economische Zaken en
Landbouw ».

DIRECTEUR GENERAL: M. VAN DEN ABBEELE

Vol. XXXVIII - N° 1

MARS 1947
AART

4 FASCICULES PAR AN
NUMMERS PER JAAR



(Cliché « Service de l'Information »)

Eala. — Indigène portant un régime de noix de palme.

RÉDACTION ET ADMINISTRATION :
Place Royale, 7 - Bruxelles

REDACTIE EN ADMINISTRATIE :
Koningsplein, 7 - Brussel

Sommaire du numéro 1 - 1947

	PAGES
<i>Utilisation de la farine de graines de coton dans l'alimentation humaine au Congo Belge</i> (G. TONDEUR)	3
<i>Essai de sensibilisation du virus pestique-bovin adapté sur chèvre à l'aide du sérum antipestique</i> (Dr J. GILLAIN)	59
<i>De l'amélioration des bovins, par croisement, dans le Haut Ituri</i> (Dr J. GILLAIN)	63
<i>Quelques considérations sur l'extraction de l'huile de palme</i> (CH. VANNECK)	75
<i>Production industrielle d'huile de palme de faible acidité</i> (CH. VANNECK)	103
<i>Notes sur des essais d'apiculture au Congo belge</i> (Rév. Père M. RENIER)	121
<i>Note sur les possibilités d'emploi d'engrais chimiques à la Colonie</i> (N. CHARLIERS)	127
Documentation officielle	139
Notes et actualités :	
<i>La mécanisation de la culture des arachides.</i> (S. H.)	159
<i>Esquisse d'une politique française des oléagineux.</i> (M. B.)	160
<i>Un nouveau carburant possible: l'huile de palme méthanolysée.</i> (M.B.)	161
<i>Le soja et la conservation du sol.</i> (M. B.)	161
<i>La production du cacao.</i> (S. H.)	162
<i>La culture du tabac au Maroc.</i>	162
<i>La production du caoutchouc.</i> (J. H.)	163
<i>Racines d'Iris (Arris Root).</i> (M. B.)	163
<i>Le marché de la vanille de Bourbon aux Etats-Unis.</i>	164
<i>Les agrumes dans le monde.</i> (M. B.)	165
<i>Problème du Lyctus Brunneus, agent de la piqûre du bois.</i> (J. V.)	165
<i>Une moelle de qualité supérieure à celle du sureau pour les travaux de microscopie.</i> (R. L. STEYAERT)	166
<i>Forêts, savanes et cultures au Congo Belge.</i> (J. H.)	166
<i>La destruction des sauterelles par la méthode de l'écrasement.</i> (H. B.)	167
<i>L'industrie laitière dans la zone de Bunia de 1943 à 1945.</i> (Dr P. SCHYNS)	167
<i>La cire d'abeille.</i> (L. P.)	176
Bibliographie	181
<i>Liste des publications du Service de l'Agriculture du Ministère des Colonies, de l'Inéac, de l'Institut des Parcs Nationaux du Congo Belge et de l'Office Colonial</i>	197

Les indications fournies dans les articles paraissant dans le « Bulletin Agricole du Congo Belge » n'engagent pas la Rédaction et ne constituent pas nécessairement des conseils de sa part.

La reproduction des articles est autorisée, à condition de mentionner sous le titre : Extrait du « Bulletin Agricole du Congo Belge ».

De Redactie is niet aansprakelijke voor de aanwijzingen in de artikelen van het « Landbouwkundig Tijdschrift voor Belgisch-Congo ». Men beschouwe ze dus niet noodzakelijk als raadgevingen van harentwege.

Men mag artikelen uit het tijdschrift overnemen, mits men onderaan den titel vermeldt : Overgenomen uit het « Landbouwkundig Tijdschrift voor Belgisch-Congo ».

Quelques considérations sur l'extraction de l'huile de palme

par Ch. VANNECK,
Ingénieur chimiste.

SOMMAIRE

	Pages
I. — Introduction	75
II. — Composition de la pulpe	80
III. — Préparation de la pulpe en vue de l'extraction	81
1. — Préparation naturelle de la pulpe... ..	82
2. — Préparation artificielle de la pulpe	85
IV. — Le malaxage	87
V. — L'extraction	89
A. — Décantation statique	89
B. — Décantation accélérée par centrifuge... ..	92
VI. — Ebullition de l'huile brute... ..	95
VII. — La préparation des fruits dans le « Dry Process »	97
VIII. — Conclusions	100
IX. — Bibliographie	101

I. — INTRODUCTION.

Le problème de la séparation de l'huile des autres constituants du fruit de palme paraît à première vue simple, si l'on dispose de matériel en ordre mécanique parfait. L'on a souvent considéré, à tort d'ailleurs, que l'augmentation de la quantité d'huile extraite pouvait être obtenue par des machines plus puissantes. Des tentatives d'amélioration ont abouti à bien des déceptions à ce sujet. On pouvait s'imaginer, par exemple, qu'en exerçant des pressions de plus en plus élevées, la quantité d'huile extraite de la pulpe augmenterait proportionnellement. Des essais ont cependant démontré que cette augmentation ne s'obtient que jusqu'à une pression-limite qui, si elle est dépassée, diminue au contraire la proportion d'huile extraite. La compression exagérée de la masse fibreuse diminue les interstices d'écoulement, et la tension superficielle, maintenant l'huile dans les capillaires, devient supérieure à la pression mécanique. Mais ce phé-

nomène n'est déjà plus du domaine de la mécanique appliquée. Aussi ne citons-nous cet exemple que pour souligner que « *l'outillage mécanique d'une huilerie ne doit être qu'une résultante de principes d'usinage établis au préalable, et devra servir à exécuter les manipulations désirées, le plus fidèlement et le plus économiquement possible* ».

Comme dans chacune des huileries, le procédé d'extraction diffère un tant soit peu, ce serait une erreur de vouloir choisir dans l'ensemble des usines des appareils qui ont donné « les meilleurs résultats » et de les assembler pour obtenir « la meilleure usine ». L'examen de plusieurs machines devant servir aux mêmes fins sera néanmoins intéressant pour connaître le degré de perfection avec lequel elles réalisent chacune le but proposé, leur robustesse et le prix de revient du procédé.

Ainsi, par exemple, l'application du « Wet process » est excellente, et si l'on parvient à extraire industriellement 91 à 92 % de l'huile présente dans les fruits, c'est que chacune des machines est adaptée à ce procédé. Dans certains cas, l'usinage pourrait être amélioré, en remplaçant notamment les centrifuges discontinues par des centrifuges à nettoyage automatique. Mais que l'on remplace demain les stérilisateurs à vapeur libre par un autoclave couché moderne, qui donne pourtant d'excellents résultats dans une usine à presse, et le pourcentage d'extraction sera singulièrement diminué.

Avant donc de pouvoir juger des appareils nécessaires à l'extraction de l'huile, il faudra approfondir la connaissance de la matière première utilisée et les transformations qu'on désire lui faire subir au cours de l'usinage. Comme ces transformations relèvent du domaine biochimique et plus spécialement de la chimie colloïdale, nous rappelons ici quelques données théoriques et expérimentales relatives aux émulsions.

Pour que deux liquides forment une émulsion stable, il faut l'intervention d'un troisième corps, solide ou liquide, qu'on nomme matière émulsive ou colloïde protecteur.

Le rôle de stabilisation que joue le colloïde protecteur consiste à diminuer la tension superficielle (T. S.) entre les deux liquides. Pour ce faire, il se logera entre les deux surfaces de contact de l'huile et de l'eau par exemple, et y formera une couche très fine, la « couche de contact ».

La tension superficielle entre l'huile et l'eau est ainsi diminuée, le colloïde protecteur possédant une T. S. plus basse vis-à-vis de l'eau et de l'huile.

Prenons, par exemple, un sel alcalin ou alcalino-terreux d'un acide gras qui se trouverait dans la couche de contact : une partie de la molécule, la chaîne carbonée, aura tendance à se dissoudre

dans l'huile, tandis que la partie minérale tendra à se dissoudre dans l'eau. Toutes les molécules s'orienteront dans le même sens et formeront une couche monomoléculaire. Si la tension superficielle est plus forte du côté de l'huile, c'est-à-dire si la tendance à se dissoudre est moins forte de ce côté — comme c'est le cas pour un savon de soude — la pellicule aura tendance à s'incurver du côté de l'huile, et par division fine des deux liquides, il se formera des sphères d'huile dispersées dans l'eau : dans ce cas, nous aurons une émulsion du type huile dans eau (H/O), où l'huile est la phase dispersée et l'eau la phase dispersante.

Dans le cas où la tension superficielle est plus grande entre l'eau et la matière émulsive, ou si cette matière a une tendance plus marquée à se dissoudre dans l'huile — ce qui est le cas avec un savon de calcium par exemple — la couche de contact aura tendance à s'incurver du côté eau et il se formera une émulsion eau dans huile (O/H).

En général, on peut dire « qu'une substance colloïdale lyophile formera une émulsion huile dans eau (H/O), tandis qu'une substance lyophobe formera une émulsion eau dans huile (O/H) ». (BANCROFT 4, p. 199.)

Nous voyons donc que le type d'émulsion n'est pas déterminé uniquement, comme le bon sens pourrait le faire croire, par les proportions des deux constituants principaux de l'émulsion, mais avant tout par la nature de la matière émulsive.

Cependant, pour qu'un colloïde lyophile, par exemple, forme une émulsion huile dans eau, il faut un minimum d'eau, en dessous duquel ce même colloïde peut former une émulsion eau dans huile.

Un point très important dans le problème qui nous occupe est la possibilité de transformation du type d'une émulsion.

Cette transformation peut se faire :

a) *par un remplacement ou un changement des colloïdes protecteurs.*

Nous avons pu suivre, sous le microscope, la transformation d'une émulsion huile de palme dans eau, stabilisée par un savon de sodium, en émulsion eau dans huile par addition de chlorure de calcium.

b) *par un changement dans les proportions des deux constituants.*

ROBERTSON a étudié l'influence des volumes des phases sur la forme d'émulsion. Et il appelle « le rapport critique des phases » le rapport entre les concentrations des deux phases pour lequel le type d'émulsion peut être indifféremment H/O et O/H. (CLAYTON 4, p. 146.)

Ses essais portaient sur des émulsions eau et huile d'olive et, comme colloïde protecteur, de la soude caustique 5 normale. Il trouva

$$\text{comme rapport critique } \frac{9.5 \text{ Eau}}{90.5 \text{ Huile}} = 0.105. \text{ C'est dire que l'émul-}$$

sion sera du type H/O ou O/H selon que le rapport sera plus grand ou plus petit que 0.105.

Nous avons répété sommairement ces essais en mélangeant des proportions différentes d'huile de palme et d'eau et en ajoutant de la soude caustique.

Quantité d'huile	Quantité d'eau	NaOH ⁵ N	Caractère de l'émulsion
99 cc.	0 cc.	1 cc.	fluide rouge O/H
95 cc.	4 cc.	1 cc.	fluide rouge O/H
90 cc.	9 cc.	1 cc.	crème jaune H/O
85 cc.	14 cc.	1 cc.	crème jaune H/O

Le rapport critique se trouve donc entre 10/90 et 5/95.

Nous avons répété l'essai avec de la soude caustique normale et avons retrouvé les mêmes résultats, tandis qu'avec de la soude caustique décinormale, nous avons trouvé que le rapport critique se trouve compris entre 25/85 et 10/90.

Quantité d'huile	Quantité d'eau	NaOH N/10	Caractère de l'émulsion
99 cc.	0 cc.	1 cc.	O/H
95 cc.	4 cc.	1 cc.	O/H
90 cc.	9 cc.	1 cc.	O/H
85 cc.	14 cc.	1 cc.	H/O

Nous pouvons donc dire que *la nature du colloïde protecteur et le rapport des phases peuvent influencer le type d'émulsion.*

Si maintenant nous ajoutons de l'eau à une émulsion O/H, cette eau n'aura aucune influence : ceci est dû à ce que l'eau est englobée dans l'huile et ne vient pas en contact avec l'eau ajoutée. De même, une addition d'huile à une émulsion H/O, ne changera pas le type. Cependant une émulsion H/O soumise à la dessiccation se transforme après qu'une certaine partie de l'eau s'est évaporée.

Nous avons ajouté du Soudan III à une émulsion provenant de 85 cc. d'huile + 14 cc. d'eau + 1 cc. de NaOH N/10, sans obtenir de coloration, ce qui démontre que nous avons affaire à une émulsion H/O.

En chauffant, l'eau s'évapore et, à un certain moment, la masse rougit, c'est-à-dire que le type d'émulsion s'est interverti. La pesée nous apprend que le taux d'humidité est passé à 10 %. *Ceci nous offre la possibilité de transformer le type d'émulsion par dessiccation.*

Considérant l'importance du rôle des matières émulsives dans les émulsions, le bon sens pourrait conclure que la connaissance de la composition chimique de ces matières permettrait la solution immédiate du problème. Il n'en est malheureusement pas ainsi, car les matières émulsives en couche de contact n'ont pas les mêmes propriétés qu'à l'état pur. Ainsi, nous savons que des protéines existent dans le suc cellulaire; nous en avons trouvé 13 % dans les matières sèches entraînées durant le malaxage à sec de la pulpe autoclavée. Ces protéines agissent sûrement comme colloïdes protecteurs. Mais « ces albumines qui sont normalement solubles dans l'eau, ne le sont plus quand elles se trouvent en couches monomoléculaires » (4, p. 35); de plus, « cette couche monomoléculaire y est tellement comprimée qu'elle s'y comporte non pas comme un liquide visqueux, mais comme un solide plastique » (4, p. 58). « Il apparaît pour cela que les changements dans la molécule dus à l'adsorption sont tellement grands, que les molécules adsorbées doivent être considérées comme une espèce moléculaire différente des molécules dans la masse (phase dispersante) » (4, p. 68).

Ensuite, une combinaison de deux matières émulsives ne cumule pas leurs propriétés colloïdales, mais réagit comme une matière émulsive distincte.

Par exemple, 60 parties d'huile forment avec 40 parties d'ovalbumine à 1 %, une émulsion O/H qui est rompue par un chauffage à 70°C.

D'autre part, 60 parties d'huile avec 40 parties de solution de savon de potasse à 1 %, forment une émulsion H/O assez stable, mais rompue par ébullition et centrifugation, tandis que l'émulsion provoquée par deux matières émulsives, ovalbumine et savon (dont la force serait soustractive), est du type H/O, tellement stable que l'ébullition, voire l'autoclavage suivi de détente brusque et centrifugation, ne la rompt pas. Ce phénomène est explicable du fait que l'albumine est un corps amphotère, qu'il a donc peu de réaction en milieu neutre, mais qu'il acquiert une réaction nettement acide dans le milieu de savon de potasse (24). Mais de telles explications pourront-elles encore être données et surtout pourra-t-on trouver remède, lorsqu'il s'agira de déterminer les réactions de corps aussi divers que ceux qui se trouvent dans le suc cellulaire? Il faudrait, pour élucider le problème, parvenir à extraire les matières émulsives *telles qu'elles existent dans les fruits* et étudier alors leurs propriétés physiques et physico-chimiques. Mais à la base actuelle de

toute extraction existe une transformation physique du corps : sa mise en dissolution, sa distillation, etc. Nous sommes mis, là, devant une difficulté technique que la science actuelle ne permet pas de résoudre.

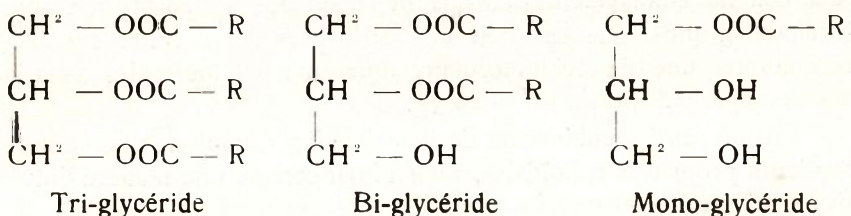
Mais en attendant, il faut augmenter les rendements des usines, et pour ce faire, nous ne pouvons qu'établir des hypothèses, qui peuvent expliquer les phénomènes observés, et voir si l'expérience permet de conclure à leur validité.

II. — COMPOSITION DE LA PULPE.

La pulpe d'un fruit de palmier se compose de fibres, entourées de cellules contenant de l'huile et de l'eau de végétation ou suc cellulaire.

Pour comprendre sous quelle forme cette huile se trouve dans le fruit, disons un mot de sa formation.

L'huile, considérée au point de vue chimique, est une combinaison de glycérine avec des acides gras et la molécule peut adopter les configurations suivantes :



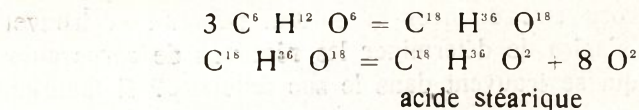
R étant une chaîne carbonée, saturée ou non saturée, longue ou courte.

De ce simple aperçu, on peut s'imaginer l'extrême diversité des molécules constituant une huile.

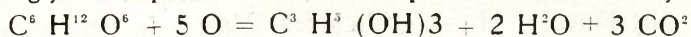
Suivant la présence de longues ou courtes chaînes carbonées, suivant le nombre de doubles liaisons, suivant la disposition de ces dernières, suivant les proportions de mono-, di- et tri-glycérides, les propriétés chimiques vont changer.

Pour simplifier notre exposé, nous n'entrerons pas dans tous les détails de ces différences.

Les acides gras proviennent de la synthèse des sucres, suivie d'une réduction violente.



La glycérine provient des sucres par une violente oxydation :



Les matières albuminoïdes, en se décomposant, peuvent également fournir de l'huile; mais cette deuxième source de matières grasses n'est pas encore admise par tous (20, p. 283 et 3, p. 256).

On sait qu'au fur et à mesure de la formation de l'huile dans les fruits, les produits hydrocarbonés diminuent, ce qui démontre la transformation de ceux-ci en huile.

Dans le fruit, cette huile se présente au début sous forme d'une émulsion très fine, dont les particules sont invisibles, quel que soit le grossissement optique. Cependant, au fur et à mesure de la maturation, c'est-à-dire de la formation d'huile, les globules d'huile maintenus en dispersion stable par les protéines et autres matières émulsives peuvent s'accroître (3, p. 255).

Or, au moment de la cueillette, *cette émulsion est en pleine évolution*, c'est-à-dire que les fins globules d'huile s'accroissent aux dépens des hydrates de carbone, par l'intermédiaire de réactions biologiques. La suppression de celles-ci entraîne l'arrêt de la formation d'huile, et nous nous trouvons en présence d'une émulsion huile dans eau, où la grosseur des globules variera de la dimension moléculaire à plusieurs microns. Cette émulsion est enfermée dans des parois végétales, dont les caractéristiques principales sont la semi-perméabilité dans les cellules vivantes, la fragilité et la perméabilité dans les cellules mortes et la tendance à se laisser mieux mouiller par l'eau que par l'huile. Il suffit pour s'assurer de ce dernier point, de verser sur un tourteau sortant de presse un peu d'eau et un peu d'huile; l'eau pénètre immédiatement dans la masse en laissant la surface sèche, tandis que l'huile ne pénètre pratiquement pas.

C'est donc cet amas de cellules entourant les fibres et enfermé dans un épiderme couvert d'une couche de cire qui constitue la pulpe ou le péricarpe du fruit du palmier à huile.

III. — PREPARATION DE LA PULPE EN VUE DE L'EXTRACTION.

De cet amas nous désirons extraire l'huile. Les cellules sont vivantes. Si l'on soumet la paroi d'une cellule à une pression uniforme sur toute sa surface, la cellule sera comprimée sans éclater. Or, à l'état frais, la pulpe est difficilement malaxée, au point de séparer les cellules complètement: on peut donc admettre qu'une grande partie des cellules enfermées dans la masse n'éclatent pas; on les retrouve d'ailleurs par examen microscopique de la masse pressée.

Les cellules laisseront écouler facilement l'huile qui se trouve agglomérée sous forme de larges globules, sans pour cela lâcher toute l'eau qui mouille très bien les parois cellulaires: ceci encore est visible sous le microscope. Mais cette eau est une émulsion fine-

ment dispersée huile dans eau ; les globules microscopiques resteront donc avec elle dans la pulpe. Ceci explique que par une pressée de pulpe fraîche on ne parvient pas à extraire plus de 20 % de l'huile présente, le reste étant retenu dans les cellules non déchirées ou sous forme d'émulsion stable dans l'eau retenue par les cellules crevées.

Nous voyons donc deux solutions pour améliorer l'extraction :

- Augmenter le nombre de cellules crevées. Ceci est assez facilement réalisable : il suffit de tuer la cellule pour rendre sa paroi perméable. Un chauffage à température élevée, 80° à 100°, suffit à cet effet. Cet échauffement mollit la pulpe et permet, au malaxage, sa séparation d'avec les noix, la division fine de la pulpe et de la majorité des cellules. Dans une pulpe ainsi traitée, on ne peut concevoir une cellule intacte où la pression soit uniforme sur toute sa surface, car, la paroi étant perméable, le moindre liquide qui en sort crée un déséquilibre de la pression sur la surface et la paroi crève. Cependant, il reste vrai que cette paroi reste mieux mouillée par l'eau (ou émulsion H/O) que par l'huile, et retiendra par conséquent une bonne partie de l'eau (ou émulsion H/O) éventuellement présente.
- Pousser l'évolution de la dispersion dans le sens de la coalescence maximum des globules. Ceci est beaucoup plus difficile à réaliser. Il s'agit là de pousser l'évolution biochimique du fruit le plus loin possible, pour obtenir dans les cellules des globules d'huile aussi gros et aussi peu nombreux que possible. La maturité biochimique complète est réalisée quand cette évolution est poussée à son maximum.

1. — *Préparation naturelle de la pulpe.*

Les premiers à constater empiriquement l'intérêt de cette maturation furent les indigènes, qui entassent les fruits dans des fosses jusqu'à putréfaction partielle, avant d'en extraire l'huile. Cette solution entraîne malheureusement une acidification de l'huile qui la rend inapplicable dans l'industrie européenne. Cette idée de maturation après la coupe a cependant été exploitée par plusieurs chercheurs ; ainsi VAN HEURN préconisa et réalisa la maturation sur régimes coupés, suspendus dans d'immenses hangars (17). Cette méthode d'usinage, parfaite au point de vue technique, est malheureusement de réalisation très coûteuse.

Mais ne pouvons-nous réaliser cette maturation des fruits d'une autre façon ?

Examinons d'abord en quoi consiste le processus biochimique de la maturation. Dans le fruit en voie de maturation, il y a une augmentation régulière d'huile aux dépens des hydrates de carbone, jusqu'à épuisement de la fraction oléogène de ceux-ci. Ce stade atteint,

la teneur en huile du fruit s'accroît encore, mais cela est dû uniquement à la diminution de l'eau. Celle-ci résulte de la forte transpiration du fruit, dont la zone d'attache à l'épillet, en voie de subérisation, ne permet plus la circulation normale de la sève.

Les indigènes, par le tassement des fruits dans une fosse, augmentent cette transpiration par l'élévation de température consécutive à la fermentation.

Que se passe-t-il dans la cellule durant cette transpiration ? (Voir fig. 1.)

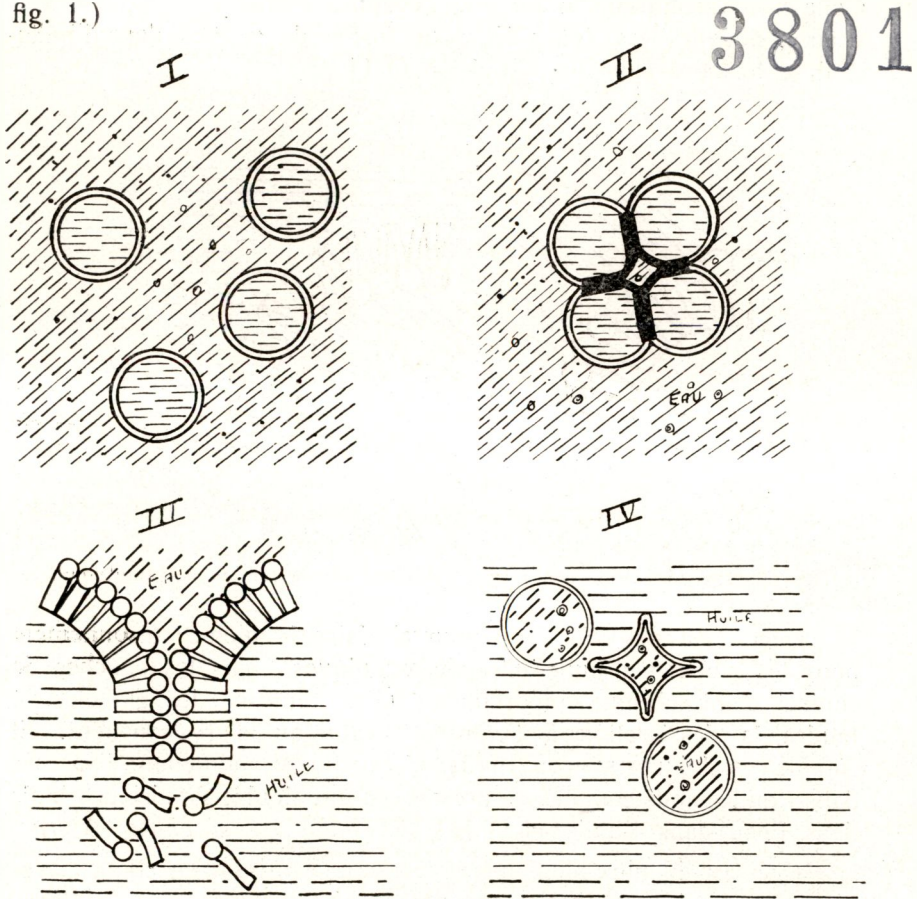


FIG. 1. — Phases d'évolution des globules macroscopiques durant la transpiration cellulaire (I à IV).

Les globules macroscopiques (I) sont séparés l'un de l'autre par le suc cellulaire ; si l'eau s'évapore, les interstices entre les gros globules deviennent de plus en plus petits, jusqu'à ce que les globules se touchent (II) ; si l'évaporation dépasse ce stade, les globules vont se tasser et leurs parois vont se trouver non plus entre huile et eau, mais entre huile et huile (III). Dès lors, les matières émulsives vont changer complètement leurs propriétés physiques : elles n'ont plus aucune raison d'être orientées, ni de rester en couche monomolé-

culaire; elles perdent de ce fait toute leur rigidité et permettent la coalescence des globules d'huile (IV).

Un autre fait important résulte de la transpiration : LIMBURG a trouvé que la stabilité des émulsions décroît avec un accroissement de concentration de sels (22, p. 9). Or, le suc cellulaire contient des sels qui vont se concentrer par évaporation, ce qui peut donc contribuer également à la coalescence des globules macroscopiques. Celle-ci se produisant avant que l'évaporation de l'eau soit totale, l'eau résiduelle sera éparpillée sous forme de gouttes dans l'huile et il se formera ainsi une émulsion O/H.

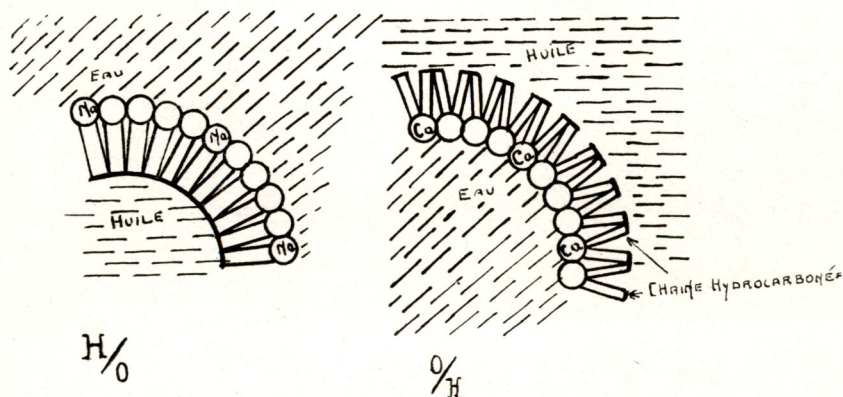


FIG. 2. — Action de la concentration des sels sur la stabilité des émulsions.

Ceci n'est pas tout : on pourrait faire le même raisonnement pour les globules d'huile ultramicroscopiques, mais les couches de contact étant ici plus importantes, vu la petitesse des globules, il faudra la dessiccation à l'extrême avant qu'ils se touchent. Et comme ces globules se trouvent dans l'eau qui est maintenant dispersée dans l'huile, nous sommes en présence d'une double émulsion d'huile dans l'eau dans l'huile H/O/H, où l'huile est la phase externe.

Ceci est du plus haut intérêt, car une émulsion en contact avec n'importe quel corps n'agit que par sa phase externe.

Que se passe-t-il maintenant lorsque nous pressons des fruits ainsi préparés?

Les cellules sont mortes et celles qui sont encore entières se briseront à la moindre pression. Nous avons vu précédemment que l'huile ne mouille que faiblement les matières végétales, elle s'écoulera donc facilement de la masse.

Il est vrai que puisqu'il n'y a pas d'eau, les interstices libres de la masse retiendront de l'huile : c'est pourquoi BUNTING a constaté qu'il faut ajouter une quantité d'eau avant la pression, si la dessic-

cation a été poussée trop loin (7, p. 146). Ce sera alors cette eau qui sera retenue, et comme elle ne contient pas d'huile en émulsion, on peut dire que l'extraction est théoriquement complète.

On pourrait croire que l'eau ajoutée reformerait l'émulsion primitive, mais ceci est impossible, vu que l'eau ne vient en contact qu'avec de l'huile agglomérée et les matières végétales des parois cellulaires. Celles-ci peuvent contenir des matières émulsives, mais pour qu'elles agissent, il faudrait d'abord finement diviser la masse d'huile, ce qui n'est pas le cas dans le malaxeur.

Nous avons donc tout intérêt à pousser la maturation ultérieure à la coupe à son maximum, et nous savons que cette maturation consiste principalement en une transpiration ou une évaporation, qui a pour effet de transformer l'émulsion originale d'huile dispersée dans l'eau en une émulsion du type eau dans huile.

2. — Préparation artificielle de la pulpe.

Cette évaporation naturelle peut être réalisée artificiellement par un chauffage, et si celui-ci augmente la température des fruits au delà de 45°C., il aura l'avantage d'arrêter tout travail enzymatique et permettra l'extraction d'huile non acide.

Ce chauffage est déjà réalisé dans l'industrie selon des procédés très divers, mais que du point de vue technique, on peut ranger en deux catégories :

- la dessiccation brusque : autoclavage suivi de détente brusque, d'échappement dans le vide (1) ;
- la dessiccation lente : chauffage à sec, direct ou par air chaud, vapeur vive, etc.

1. — La dessiccation brusque (soit autoclavage à 2 kg. de pression, suivi de détente) :

Durant le chauffage et le maintien sous pression, aucune évaporation n'a lieu, car la tension de vapeur est contrebalancée par la vapeur sous pression. Toute la masse absorbe des calories, proportionnellement à la température et à sa chaleur spécifique. (La température à 2 kg. de pression de vapeur est de 120°C. L'eau est donc à une température supérieure à sa température d'ébullition aussi longtemps qu'elle reste sous pression.)

Si on lâche brusquement la pression, cette eau utilisera ses calories absorbées pour se vaporiser partiellement ; cette vaporisation

(1) Faisons remarquer ici qu'un autoclavage, même à forte pression, mais sans détente rapide, ne peut servir qu'à stériliser les fruits et rompre la solidité des parois cellulaires, ce qui facilitera leur rupture durant le malaxage et la pressée. Mais il n'entraîne qu'une dessiccation insignifiante.

se fera par ébullition d'autant plus violente que la détente est plus brusque.

Par cette forte ébullition, les cellules végétales vont éclater et le liquide cellulaire s'épandra dans la masse, première différence d'avec la dessiccation lente.

Si la dessiccation à ce moment était totale, ce serait sûrement la meilleure façon de procéder. Malheureusement, ceci ne sera jamais le cas (1).

Ce qui se passe au moment de l'éclatement des cellules sous la pression provoquée par la tension de vapeur de l'eau du suc cellulaire est assez compliqué. Comme les cellules éclatent, il y a continuité entre les liquides des diverses cellules. L'ensemble de ces liquides constituera toujours une émulsion huile dans eau. Mais cette eau va être chargée maintenant des débris des parois cellulaires, qui comprennent plusieurs matières pouvant agir comme colloïdes protecteurs; celles-ci peuvent se condenser dans les couches de contact: citons les matières gommeuses dont FICKENDEY a démontré l'existence, et les matières albuminoïdes. Ces albumines sont coagulées, certes, mais cela n'empêche pas qu'elles puissent diminuer la tension superficielle entre l'huile et l'eau, et n'est-il pas démontré qu'une diminution de tension augmente la stabilité de l'émulsion? Ceci pour l'émulsion existante.

Voyons maintenant le comportement des globules macroscopiques. Ceux-ci, du fait de l'ébullition violente, auront beaucoup de chance de se toucher et de s'agglomérer. Mais cette coalescence va être la résultante d'un choc entre deux globules, et c'est là une autre différence d'avec l'évaporation lente. Tandis que par l'évaporation lente, la coalescence des globules entraîne un emprisonnement d'eau, l'évaporation brusque, par contre, n'entraîne que la réunion de globules deux à deux, ce qui ne permet pas cet emprisonnement. D'où l'existence, à côté ou autour de globules agglomérés, d'une émulsion huile dans eau. *La phase externe ou dispersante restera donc l'eau.*

Cette différence est la plus importante, car elle a une répercussion sur toutes les opérations d'extraction d'huile.

(1) Mettons un autoclavage de 3,500 kg. de fruits, contenant 30 % d'eau. A la fin de l'autoclavage, lors de la chute brusque de température de 120° à 100°, la masse aura à sa disposition, en comptant 2.5 m³ d'espace libre dans l'autoclave, environ 50,000 calories, alors qu'il faudrait pour évaporer $3,500 \times 0.30 = 1,050$ kg. d'eau, environ 525,000 calories. Nous voyons donc que l'on peut obtenir au maximum l'évaporation de 10 % de l'eau. Des améliorations peuvent être apportées dans ce sens, par exemple en accroissant la quantité de vapeur non condensée, par l'agrandissement des autoclaves, ou encore en utilisant le vide. Mais si l'on veut obtenir une dessiccation totale, nous craignons que ces procédés ne deviennent antiéconomiques.

Nous trouvons dans BLOMMENDAEL, la phrase suivante: « De mooiste uitpersing wordt verkregen met vruchten, welke volkomen afgedroogd zijn en daarna weer kunstmatig bevochtigd, hetgeen echter voor de praktijk een te omslachtige bewerking is » (2).

2. — *La dessiccation lente :*

Par la dessiccation lente, nous nous rapprochons le plus des phénomènes qui se produisent durant la maturation naturelle; nous pouvons même pousser ici la dessiccation jusqu'au moment où *tous* les gros globules seront agglomérés, et qu'il ne restera plus d'eau libre dans la cellule. Insistons encore sur le fait que la rupture de la pellicule du colloïde protecteur se fait :

- sans mouvement rapide des globules;
- parce que cette pellicule est prise entre deux couches d'huile, d'où désorientation des molécules et agglomération de celles-ci;
- avec emprisonnement de l'eau non évaporée;
- sans que le liquide de deux cellules ne s'interpénètre, les parois cellulaires restant intactes.

On pourrait dire que si l'on pousse la « dessiccation brusque » à sa limite, l'émulsion est rompue au même titre que dans la « dessiccation lente » : puisqu'il n'existerait qu'une phase huile. Cela est vrai, mais dans le cas de la dessiccation lente, il ne faut pas porter celle-ci à sa limite pour obtenir l'inversion du type d'émulsion, d'où gain de temps et économie de combustible.

Cependant, la dessiccation totale a été poursuivie dans de nombreuses huileries à presse, parce qu'on avait constaté empiriquement que l'extraction s'améliorait par la dessiccation de la pulpe (7, p. 146).

IV. — LE MALAXAGE.

Selon que l'extraction se fait par le procédé sec ou humide, le malaxeur est conçu différemment.

Dans le procédé sec, l'opération se résume en une simple digestion, c'est-à-dire désintégration des fruits et surtout des cellules. Comme la dessiccation dans l'autoclave s'est avérée insuffisante, on a garni le malaxeur d'une double paroi, dans laquelle une admission de vapeur sous pression accroît la dessiccation. BUNTING a démontré que dans le procédé sec, il faut un séjour de vingt minutes dans le malaxeur pour que tous les fruits soient « digérés » (7, p. 146).

Dans le procédé humide, le but du malaxage est double :

- la désintégration des fruits et cellules;
- la séparation complète, par des lavages à l'eau, des fibres et des noix d'une part, de l'huile, de l'eau et des débris cellulaires d'autre part.

Ainsi le malaxage dans le procédé humide réalise déjà une partie de l'extraction.

Examinons ce qui se passe durant le malaxage par procédé humide; deux cas se présentent :

1° *Les fruits sont traités par dessiccation brusque* (autoclavage sous pression, suivi de détente brusque).

Dès que les premiers fruits autoclavés tombent dans le malaxeur, il sort par le fond des boues épaisses : ceci est dû à ce que la pulpe est divisée et les cellules se séparent des fibres. Quelques-unes des cellules brisées laissent écouler leur émulsion H/O ; comme le liquide mouille très bien les parois cellulaires, il va les entraîner et comme la digestion n'est pas complète (à peine quelques secondes) un grand nombre de cellules non déchirées peuvent accompagner les cellules déchirées.

Comme le liquide présent dans le fruit est insuffisant pour entraîner tous les débris cellulaires, on fera passer dans la masse de grandes quantités d'eau.

Si cette eau a l'avantage de diluer la boue, de diminuer en quelque sorte sa viscosité, et de permettre ainsi une décantation plus aisée de l'huile agglomérée, elle présente le grand désavantage de diluer également l'émulsion, de rendre ainsi la dispersion des globules microscopiques plus grande et de ce fait d'accroître sa stabilité.

La désintégration des fruits est achevée en moins de sept minutes ; le lavage entraîne l'huile et les matières mucilagineuses et laisse les fibres pratiquement exemptes d'huile. Mais ce n'est pas là le seul but du malaxage. L'huile des cellules intactes, qui ont pu traverser le fond du malaxeur, échappera définitivement à l'extraction.

En dehors de ces cellules non rompues et dont l'huile est irrémédiablement perdue, ces boues contiennent :

- une émulsion d'huile dans l'eau, composée de globules de grosseurs différentes, allant du domaine ultra-microscopique aux grandeurs perceptibles à l'œil nu. Cette émulsion a pu être stabilisée, comme nous l'avons vu, par des débris cellulaires infimes ;
- de l'huile agglomérée durant le malaxage et provenant des gros globules ;
- des matières solides : du sable et des impuretés provenant de l'extérieur des fruits et des débris cellulaires qui constituent la plus grande partie solide de ces boues.

2° *Les fruits sont traités par dessiccation lente* (vapeur fluante).

Lorsque les premiers fruits tombent dans le malaxeur, il sort par le fond, non pas des boues épaisses, mais de l'huile presque limpide : ceci est dû à ce que les cellules se brisent et laissent écouler de l'huile ou plutôt une émulsion d'eau dans l'huile ; comme celle-ci n'adhère pas fortement aux parois cellulaires, elle s'écoulera sans les entraîner. Cet écoulement dure ainsi plusieurs minutes, durant lesquelles la pulpe est vigoureusement malaxée. Aussi longtemps qu'on n'ajoute pas de l'eau dans le malaxeur, la digestion continue, sans

que de grandes quantités de boues traversent le fond. Nous avons ainsi à notre disposition le moyen de pousser la désintégration des cellules à son maximum. Le malaxage répondra ainsi à son but primordial.

Faisons remarquer que le même résultat est obtenu par le malaxage de fruits à maturation naturelle avancée, fruits dont l'huile accusait 8 % a. g. l. (1).

Que les fruits soient préparés par dessiccation brusque ou lente, il reste dans la masse des cellules qui, même déchirées, retiennent de l'huile sous forme de grosses gouttelettes. Ceci provient d'un malaxage défectueux.

Pour enlever cette huile, il faudrait pouvoir presser ou broyer les boues contenant ces cellules au travers d'un laminoir par exemple.

Cependant l'ébullition dans l'eau permet partiellement cette élimination.

Il est compréhensible que les cellules de fruits traités par dessiccation brusque lâcheront plus facilement leur huile, parce qu'il y a une continuité entre la phase dispersante eau qui entoure ces globules et l'eau ajoutée pour la décantation; mais à quoi servira cette extraction, si les globules qui en sortent se trouvent en émulsion dans l'eau? On ne parviendra quand même pas à les séparer par décantation. Tandis que dans le cas de la dessiccation lente, lorsque l'émulsion aura été inversée, les globules qui sortiront des cellules s'aggloméreront et pourront se décanter.

V. — L'EXTRACTION.

L'opération essentielle de l'extraction est la décantation du mélange liquide sortant du malaxeur; elle peut être statique ou accélérée par centrifugation.

A. — *Décantation statique.*

Examinons d'abord le principe qui régit la décantation. Il se traduit par la formule $V = \frac{2 r^2 (d-d') g}{9 n}$ (21, p. 206).

V = vitesse de décantation en mm./sec., qui sera négative dans le cas de l'huile dans l'eau, par suite de la densité plus faible de l'huile; mais le signe se rapporte uniquement au sens du mouvement et non à la vitesse du mouvement;

(1) Ceci explique les bons rendements des usines appliquant le « procédé humide » aux fruits égrappés manuellement: l'inversion de l'émulsion s'est opérée dans les fruits avant leur arrivée à l'usine. De plus, la présence d'acides gras libres stabilise l'émulsion d'eau dans l'huile, de telle sorte que même un autoclavage suivi de détente brusque n'a plus d'influence sur l'extraction.

r = rayon des globules en millimètres ;
 d = densité du liquide de la phase externe ;
 d' = densité du liquide en émulsion ;
 g = gravité en dynes ;
 n = viscosité du liquide.

Cette formule nous montre que la vitesse de décantation diminue avec l'augmentation de viscosité du liquide de la phase externe ; elle est augmentée par la différence de densité, par l'attraction terrestre et par le carré du rayon des globules.

Nous pouvons agir sur ces différents facteurs.

Différence de densité : cette différence est de 0.09 à 30° et de 0.13 à 100°.

Nous pouvons augmenter la vitesse de décantation de 0.13/0.09, soit 1.4 fois en chauffant le liquide à 100°.

Attraction terrestre : celle-ci est constante dans la décantation statique ; nous pouvons agir sur elle par la force centrifuge, comme nous le verrons plus loin.

Viscosité du liquide : à 20°, celle-ci est de 0.01, tandis qu'à 100°, elle est de 0.0028 ; nous pourrions donc accélérer la décantation de 0.01/0.0028, soit environ 4 fois.

Mais l'action de l'*agglomération des globules* (r^2) est beaucoup plus importante. Il suffit de faire les calculs des vitesses de décantation pour des globules de diamètres différents et l'on verra qu'un globule de 1 mm. se déplace à la vitesse de 2,000 mm. par seconde, tandis que celui d'un micron ne fait que 0.02 mm. par seconde.

Autant dire que les globules inférieurs à 1 micron ne décantent pratiquement pas.

En plus de cela, il a été établi « que des corpuscules animés du mouvement Brownien se trouvent soustraits à l'influence de la pesanteur, et aussi (bien que dans une moindre mesure) à l'effet de la centrifugation ; celle-ci ne peut donc permettre leur séparation avec une rapidité suffisante. Pour obtenir des résultats avec de telles substances, il est nécessaire de les priver de leurs vitesses propres, soit en les privant de leur tension électrostatique, soit en augmentant leur dimension naturelle » (19, p. 59).

Comment décantera la mixture sortant du malaxeur avant le lavage ?

A) *Après traitement par dessiccation brusque* :

— l'émulsion d'huile dans l'eau se décantera d'autant plus vite que les globules seront plus gros, mais précisément ici, beaucoup de globules sont si petits qu'ils ne décanteront pas ;

- les débris cellulaires ont pu se fixer dans la couche de contact des globules : comme ces matières sont plus denses que l'huile, elles changent la densité des globules. D'après la formule de la vitesse de décantation, celle-ci sera ralentie du fait du rapprochement de la densité de l'huile et de celle de l'eau, et si les densités deviennent égales, le $(d-d')$ devient égal à 0, donc V également : ce qui signifie que ces globules peuvent rester indéfiniment en équilibre en n'importe quel endroit de la phase externe.

Si la densité dépasse celle de l'eau, cette huile sera entraînée au fond ;

- l'huile agglomérée durant le malaxage surnagera. La purification de cette huile se fera de la même façon que celle décrite sous « B. Après dessiccation lente. » ;
- les matières solides : si elles ne sont pas absorbées dans les couches de contact huile et eau et si elles sont plus denses que l'eau, elles vont se déposer.

Nous voyons donc que les pertes sont le fait :

- d'une émulsion fine ;
- de globules plus gros, dont la densité est augmentée du fait de l'adhérence de matière solide ;
- de la non-désintégration de certaines cellules.

B) *Après traitement par dessiccation lente :*

Nous avons une émulsion fine, mais celle-ci est enfermée dans l'huile sous forme H/O/H, l'ensemble agira comme de l'huile pure. En réalité, il s'agit d'huile brute qu'il faudra purifier. Le procédé de chauffage au-dessus d'une couche d'eau est excellent dans ce cas. L'eau en émulsion dans l'huile ne vient en contact d'aucune façon avec l'eau extérieure, mais par l'ébullition de celle-ci, l'huile va communiquer suffisamment de calories aux globules d'eau pour que ceux-ci s'évaporent et nous assisterons au même phénomène de dessiccation que pour les globules macroscopiques durant la maturation. Lorsque toute l'eau se sera évaporée, les colloïdes protecteurs des couches de contact, n'étant pas solubles dans l'huile (1), vont se déposer.

Comment décanteront les produits de lavage du malaxeur ?

A) *Après dessiccation brusque :*

Ce que nous avons dit plus haut de l'émulsion d'huile dans l'eau et des matières solides s'appliquera également ici. On n'a d'ailleurs

(1) Pour affirmer que ces substances protectrices inconnues sont peu ou pas solubles dans l'huile, nous nous basons sur le fait qu'elles ont formé une émulsion stable d'huile dans l'eau, ce qui n'aurait pas été le cas si elles étaient solubles dans l'huile.

aucun intérêt de séparer les portions récupérées par malaxage à sec et par lavage.

B) *Après dessiccation lente :*

Il y aura des globules de dimensions variables provenant de l'agitation du malaxage, mais cette force n'étant pas assez puissante pour provoquer une division ultramicroscopique ni microscopique, ces globules pourront donc se rassembler facilement par décantation statique.

B. — *Décantation accélérée par centrifuge.*

Devant les difficultés rencontrées dans la décantation statique et les pertes d'huile entraînée dans les eaux résiduelles, on a eu recours à l'exploitation de la force centrifuge. Certes, la centrifuge dans l'industrie de l'huile de palme peut rendre et a rendu de grands services, mais il ne faut pas conférer à ces appareils une vertu exagérée. « Le processus de la séparation par décantation centrifuge ne diffère de la décantation statique que par sa rapidité plus grande » (19).

Il s'ensuit que des mélanges qui ne se décantent pas statiquement ne se sépareront pas non plus par centrifugation.

L'accélération de la vitesse de décantation est due à l'accroissement de la force de la pesanteur qui s'accroît avec la force centrifuge.

Pour les formules qui vont suivre, nous renvoyons au livre de BERTHOLD BLOCK traitant des centrifuges (19).

La force centrifuge C appliquée sur une masse de 1 kg. est

$$\text{de } \frac{r n^2}{900} \text{ où :}$$

r = la distance de la masse à l'axe de rotation, exprimée en mètres ;
n = le nombre de révolutions par minute.

Le chiffre trouvé exprime en fonction de la pesanteur, la force que la machine développe. La Robotel, qui a un rayon de 0.55 m. et tourne à 1,000 tours par minute, développe donc une force de $0.55 \times 1,000 \times 1,000$

— soit 610 g.

900

L'expression de la force centrifuge en fonction de la pesanteur entraîne souvent une surestimation de la machine. En effet, si dans la formule régissant la décantation statique, on multiplie g par la force centrifuge développée par la machine (610), on en arrive à la conclusion que la décantation se fera dans cette centrifuge 610 fois plus vite que durant la décantation statique. Cela serait vrai si l'accroissement de vitesse se faisait dans le vide. Malheureusement ce n'est pas le cas, et sans entrer dans le détail, nous dirons que la

vitesse de décantation ne s'accroît pas en raison directe de celle-ci, mais bien en raison de sa racine carrée (19, p. 25). C'est dire que la Robatel, déployant une force centrifuge de 610 g., n'accélélera la décantation que de 24.7 fois. En d'autres termes, une émulsion qui décante statiquement en 25 heures, mettra 1 heure pour décanter par centrifugation à la Robatel. Or, nous avons constaté que le mélange de boues obtenues par malaxage de fruits autoclavés ne se décante que très lentement (on a laissé décanter un tel mélange de boues durant deux jours et on n'a pu récupérer qu'un très faible pourcentage d'huile). On pourrait dire qu'une décantation dans la Robatel durant une heure sera inférieure à celle de vingt-cinq heures dans les réservoirs statiques, mais ici il faudra tenir compte de deux autres facteurs. Dans ces récipients, non chauffés, l'huile peut arriver à avoir une viscosité telle, qu'aucune décantation n'est plus possible. Tandis que dans la Robatel, le liquide ne séjourne pas suffisamment longtemps pour être refroidi. D'autre part, il ne faut pas perdre de vue que si l'on peut augmenter la vitesse de décantation en augmentant la vitesse des globules (par accroissement de leur diamètre), on peut le faire également en diminuant la distance que devront parcourir ces globules pour arriver en surface. Or, nos bacs ont une hauteur de 1 mètre et la couche de liquide dans la Robatel n'est que d'environ 10 cm., soit 10 fois moins.

Nous pourrions donc dire que, toutes choses égales, la décantation dans la Robatel se fera 10×25 soit 250 fois plus vite que dans un bac de 1 mètre de profondeur. Le séjour d'une minute dans la Robatel permettra donc de décanter la même quantité d'huile qu'une décantation de 250 minutes ou 4 h. 10' dans un bac à décanter. Quant à la récupération de cette huile, elle sera plus aisée dans la Robatel, du fait des sucettes spéciales permettant de prélever des couches très minces, sans agiter la masse.

Nous avons calculé, en assimilant les globules à de l'huile pure dans de l'eau pure, que seuls les globules de 35 microns de diamètre décanteront complètement après séjour d'une minute dans la Robatel. Si le liquide séjourne cinq minutes, les globules de 7 microns décanteront également. Mais ces dimensions sont de l'ordre de grandeur des volumes cellulaires. Une agglomération des globules contenus dans les cellules est donc une condition *sine qua non* pour obtenir une décantation dans une telle centrifuge. On voit ici encore l'importance de l'inversion de l'émulsion initiale.

Peut-on espérer une augmentation de rendement en utilisant une centrifuge plus puissante?

Nous disposons ici d'une supercentrifuge Titan, dans laquelle nous épurons l'huile brute : celle-ci en sort avec une teneur moyenne de 0.2 % d'eau et des traces d'impureté. Elle ne sert donc que comme clarificatrice, et dans ce cas, elle atteint parfaitement son but.

Aurions-nous intérêt à traiter à la Titan toute l'eau décantée dans la Robatel? Avec son bol de 0.15 m. de rayon, tournant à 6,000 tours/minute, la Titan développe une puissance de 5,000 g. et cette force centrifuge accélère la décantation 77.5 fois. De plus, la disposition de cloisons sous forme d'assiette ramène la hauteur de décantation à 5 mm., soit la $1/200$ partie du bac à décanter d'un mètre. De ce fait, la décantation dans la Titan se fera 200×77.5 , soit *15,500 fois plus vite que dans un bac de 1 mètre*; ce qui fait que par un séjour d'une minute dans cette machine, la décantation sera aussi avancée que par un séjour dans le bac à décanter d'environ onze journées de vingt-quatre heures.

Endéans ce temps, les globules de 0.3 microns parviendront à la surface. Cette dimension est de l'ordre de grandeur des globules en *solution colloïdale*.

On peut estimer que cette force est une des plus puissantes que l'on puisse obtenir dans les centrifuges industrielles.

Certes, cette machine pourra augmenter le rendement, mais à la condition cependant que les globules soient sous forme d'huile non émulsionnée. Car si la machine est assez puissante pour faire venir les globules en surface, elle n'a aucune force pour faire agglomérer des globules qui sont en émulsion stable. Des essais ont d'ailleurs montré qu'en faisant repasser de l'eau de la Robatel dans la centrifuge, on ne récupérait qu'une mince quantité d'huile et qu'il restait dans l'appareil, après passage de beaucoup d'eau, un liquide très huileux, semblable à de la moutarde jaune, et qui n'était autre qu'une émulsion assez concentrée d'huile dans eau (1).

C'est donc une espèce d'écémage qui se fait, comme dans les centrifuges écémageuses. Celles-ci accélèrent l'écémage, qui se fait statiquement en plus de temps. Cet écémage consiste simplement en un enrichissement de l'émulsion, sans qu'il n'y ait coalescence entre les différents globules de graisse. Que cette séparation n'est pas totale, chacun le sait : la crème contient de l'eau comme le petit-lait contient de la matière grasse.

Nous voyons donc que des machines centrifuges puissantes, telles que la Robatel et la Titan sont incapables de réparer les effets de la mauvaise préparation initiale dans les autoclaves et les malaxeurs.

(1) M. JAMES (31, p. 212) constate le même phénomène dans la récupération de l'huile de soapstock; il écrit qu'une supercentrifuge de laboratoire tournant à 40,000 tours par minute, est à peine capable d'amener en surface les bulles d'huile stabilisées par l'oléate de sodium, c'est-à-dire de concentrer l'émulsion, mais cette force centrifuge énorme n'a aucune action sur la coalescence de l'huile; alors qu'en détruisant les couches de contact par une préparation adéquate (système Sharpless), une centrifuge industrielle beaucoup moins puissante effectue la séparation pratiquement totale de l'huile.

VI. — EBULLITION DE L'HUILE BRUTE.

Cette opération se faisant avant la décantation, nous aurions dû la décrire plus tôt. Si nous ne l'avons pas fait, c'est qu'elle n'est pas appliquée dans toutes les usines traitant les fruits par voie humide, dans lesquelles l'ébullition de l'huile brute n'est d'ailleurs qu'un remède à la mauvaise préparation durant la stérilisation.

Nous avons vu jusqu'à présent qu'il est possible d'agglomérer les bulles d'huile existant sous forme d'émulsion dans le fruit par un double procédé :

l'inversion de l'émulsion par dessiccation lente ;

la coalescence de l'huile par dessiccation totale.

Nous avons vu l'avantage du premier procédé. Mais à l'exception des usines qui traitent des fruits égrappés manuellement, il a été rejeté parce qu'on admet que dans le cas du traitement de régimes, l'autoclavage à détente brusque est nécessaire (7, p. 139).

Comme nous l'avons vu, les usines extrayant l'huile de palme par voie sèche, remédient à ce mal par une dessiccation supplémentaire dans le malaxeur.

Dans le cas d'usines traitant les régimes par voie humide, il existe un moyen d'améliorer le mélange sortant du malaxeur avant d'en faire la décantation, que celle-ci soit statique ou accélérée par centrifugation.

Cette amélioration consistera à agglomérer les bulles d'huile éparses dans le mélange, afin que, plus grosses, elles acquièrent une plus grande vitesse de décantation. Comme nous allons voir, une ébullition violente peut provoquer l'agglomération partielle de cette huile. Si l'on fait bouillir durant cinq minutes dans un vase de Berlin des boues provenant du malaxage, une décantation de quelques minutes suffit pour qu'une épaisse couche d'huile surnage ; de plus, il reste dans la masse, des globules de dimensions supérieures à 1 mm. de diamètre et qui décanteraient s'ils n'adhéraient pas à la paroi du vase.

Cette agglomération se fait pour diverses raisons :

l'ébullition provoque une diminution de la viscosité du liquide ;

par l'agitation violente, les globules simplement *dispersés* auront plus de chance de se rencontrer. Si ces globules ne sont pas entourés de matières émulsives, ou s'ils sont de dimensions assez fortes pour que le choc permette la rupture de cette pellicule, ils vont s'agglomérer.

Lorsque l'on chauffe de l'eau pure, on constate d'abord un mouvement du bas vers le haut de l'eau chaude et du haut vers le bas de l'eau froide ; lorsque cette eau atteint son point d'ébullition, il se fait une évaporation en surface ; l'évaporation du liquide du fond

du récipient ne se fait pas si aisément. Les bulles vaporisées, pour se dégager, doivent vaincre la charge ou hauteur du liquide qui s'exerce sur elles; il en résulte donc une surpression et une élévation correspondante de la température du liquide; le phénomène est d'autant plus accentué, que le liquide est plus épais, lourd et chargé de matières sèches.

On constate qu'à la pression atmosphérique, l'eau pure bout à 100°, alors que sous la même pression, un liquide aqueux à 30 % d'extrait sec, ne bout guère qu'à 103° (30, p. 609).

Cette légère surchauffe provoque celle des matières solides. Dès lors, l'ébullition ou la production de vapeur se fera de préférence à partir de l'eau en contact intime avec ces matières en suspension. (KENRICK 22, p. 226.)

Comme dans le cas qui nous occupe, la matière en suspension ou en émulsion est de l'huile entourée de colloïde protecteur, ce dernier peut très bien être séparé de l'eau durant un moment, par une couche de vapeur. Mais la tension superficielle de la couche de contact vis-à-vis de la vapeur d'eau n'est pas la même que vis-à-vis de l'eau. Nous lisons dans BERKMAN et EGLOFF (22, p. 227) : « Quand une émulsion huile dans eau est chauffée, la phase continue ou dispersante couverte d'une faible couche d'huile doit être chauffée à une température supérieure à la température d'ébullition de l'eau, avant d'amorcer l'ébullition. » Par après, la diminution brusque du point d'ébullition peut être attribuée à un changement dans le mouvement Brownien durant le chauffage, causant un arrêt (rupture) dans la continuité de la pellicule interfaciale d'huile et une diminution de température. Mais KENRICK dit également que « cette ébullition est locale, limitée soit à quelques points fixes de la paroi du récipient, soit à des particules suspendues dans le liquide et d'où les bulles se dégagent » et BERCKMAN ajoute « que si cela est vrai, l'effet de surchauffe dépendra de la faculté du liquide de mouiller la matière qui sert de « noyau » à l'ébullition ».

Or, nous avons dans notre suspension, des globules d'huile pure et d'huile émulsionnée, c'est-à-dire entourée de matières mouillées par l'eau. Cette surchauffe se fera donc de préférence à la surface de ces dernières — et quand la rupture de la pellicule de la couche de contact sera faite, la surchauffe de l'huile libérée sera diminuée ou arrêtée et d'autres globules émulsionnés provoqueront l'ébullition.

WIDMER (22, p. 226) calcula le diamètre d'un noyau sphérique agissant comme noyau entouré de bulles de vapeur et trouva qu'il est égal à 5×10^{-7} cm., soit 5 microns.

De ces théories, nous pouvons déduire que l'ébullition peut rendre l'émulsion instable. Si l'ébullition est suffisamment violente

pour que les globules extrêmement fins entrent en contact, on peut espérer leur coalescence.

On voit également que par ébullition, les globules qui ne décan- tent pas, par suite d'adhérence de matières plus denses que l'eau, peu- vent être débarrassés de celles-ci.

Ne perdons pas de vue que cette surchauffe n'est réalisable que par endroits dans le liquide et n'en concluons pas qu'une surchauffe globale du mélange (chauffage sous pression dans un récipient fermé) aurait les mêmes résultats. En effet, dans ce cas, la surchauffe ne provoque ni une vaporisation ou ébullition, ni une agitation violente de la masse. On pourrait provoquer l'ébullition par une chute de la pression, mais en ce cas, la surchauffe étant uniforme dans toute la masse, l'ébullition ne se fera plus sélectivement au contact des ma- tières en suspension, mais bien dans toute la masse, et le but n'est plus atteint.

VII. — LA PREPARATION DES FRUITS DANS LE « DRY PROCESS ».

Pourquoi dans la plupart des huileries par voie sèche, utilise-t-on la stérilisation sous pression ?

BLOMMENDAEL (29, p. 236), parlant des usines de Sumatra, dit : « La méthode de stérilisation des régimes sous pression, en opposition à celle de la vapeur libre sur les fruits détachés, a été adoptée pour les raisons suivantes :

- Les matières protéiques et mucilagineuses sont plus vite coagu- lées, empêchant ainsi la formation d'émulsion durant l'expression de l'huile (a) ;
- La formation d'acides gras est arrêtée (b) ;
- Il se produit une évaporation intense d'humidité, se montant à 6—10 % du poids des fruits, facilitant l'expression de l'huile. En soumettant des fruits à la vapeur sous pression, puis en les traitant sous vide, cette diminution d'humidité peut monter à 15 % (c) ;
- Les amandes se détachent de la coque, par suite de l'évaporation intense (d) ;
- Le contrôle de l'usine est facilité par l'élimination du hangar de stockage et une réduction du travail manuel est possible (e) ;
- On dispose toujours de matériel frais, ce qui est un grand avan- tage dans le contrôle de la fabrication (f). »

BUNTING, citant les usines de Malaisie, dit au sujet de la stéri- lisation des régimes :

« Comparé avec les méthodes de stérilisation de fruits détachés, soit par immersion dans l'eau bouillante soit par exposition à la vapeur vive, le procédé de stérilisation des régimes est plus élaboré,

nécessitant une usine plus coûteuse et un apport de plus grandes quantités de vapeur. La stérilisation des régimes doit se faire sous pression, dans le but de détacher les fruits des épillets et de faciliter leur séparation du régime dans l'égrappeuse.

» En plus du détachement des fruits, l'exposition de ceux-ci à la pression de vapeur (ce qui équivaut à les chauffer à une température supérieure à la température d'ébullition de l'eau) favorise l'extraction de l'huile et des amandes. Par exemple, à la température de la stérilisation, les matières mucilagineuses et azotées présentes dans les fruits tendent à se coaguler, empêchant ainsi que la masse devienne gommeuse (gummy) dans le malaxeur. La présence d'un excès de matière mucilagineuse dans la masse, avant la pression ou la centrifugation (centrifugal extraction), tend aussi bien à la formation d'émulsion dans l'huile brute qu'à une diminution de la quantité d'huile exprimée ou extraite. »

De plus, dans le système à presse, « l'évaporation de l'humidité qui s'élève approximativement à 10 % du poids des fruits, favorise l'expression de l'huile ».

Et plus loin : « Quoique la stérilisation des régimes constitue le premier stade du procédé dans une huilerie moderne, il existe quelques petites plantations où les fruits sont encore séparés aux champs. Dans ces entreprises, la stérilisation est effectuée en soumettant les fruits détachés à l'action de la vapeur vive pendant une période d'environ 45 minutes ».

Des six raisons citées par BLOMMENDAEL, il n'y en a que deux (a et c) qui portent sur la quantité d'huile extraite, d'autres (b, e, f) ne sont pas inhérentes à la stérilisation sous pression, vu qu'on peut les réaliser par d'autres procédés. Quant à la possibilité de traiter les palmistes dès leur séparation d'avec la pulpe, c'est certes un avantage réel, mais qui à lui seul ne justifie pas l'installation d'autoclaves où passe toute la masse des régimes, alors qu'un autoclave à noix, beaucoup plus petit et sûrement moins coûteux, conviendrait aussi bien. Nous retenons donc les raisons a et c comme importantes dans l'extraction de l'huile de palme.

Mais il y a dans ce raisonnement une contradiction.

On craint la formation d'une émulsion durant la pression; on l'empêche en coagulant les matières émulsives qui deviennent ainsi inopérantes. Si cela était vrai, pourquoi chercher par des moyens coûteux, aussi bien en combustible qu'en capital, à dessécher la pulpe? Quand on suit une pressée, on s'aperçoit qu'il s'écoule d'abord de l'huile limpide et que ce n'est qu'en augmentant la pression qu'il sort de l'eau. Ceci prouve que la masse retient mieux l'eau que l'huile. Or, la rétention de liquide dans la masse se fait par capillarité; il vaudrait donc mieux avoir beaucoup d'eau retenue dans les

capillaires que de l'huile, et si la quantité d'eau est suffisante, plus une trace d'huile ne devrait rester dans la masse. D'ailleurs, la dessiccation par détente brusque ne peut se faire que jusqu'à une certaine limite. BUNTING a constaté (7, p. 146) que par une dessiccation trop poussée on diminuait le rendement. Il écrit : « Comme résultat d'un tel traitement (autoclavage suivi de détente brusque et vide), combiné avec pression de vapeur excessive dans la double paroi (du malaxeur), l'humidité de la masse peut être réduite à un tel point qu'elle affecte défavorablement l'expression de l'huile. »

Ce principe de dessiccation est encore moins compréhensible dans le cas de l'extraction paressoreuse centrifuge, puisque dans ce cas le volume de liquide restant dans la masse est plus important.

Encore de BUNTING (7, p. 144) : « Si des pressions trop élevées sont admises dans la double paroi du malaxeur, la masse a une tendance marquée à devenir gommeuse et épaisse, réduisant la récupération de l'huile durant l'essorage centrifuge ».

Et plus loin : « Pour assurer des résultats satisfaisants avec ce type (type de malaxeur ouvert au-dessus et à double paroi), on a conçu des tuyaux pour injecter de la vapeur dans le corps du malaxeur, empêchant ainsi la masse de devenir trop épaisse. Même avec cette addition, le type ouvert ne donne pas d'aussi bons résultats que le type fermé. » « Des expériences ont également été faites, substituant de l'eau chaude à la vapeur dans le corps du malaxeur. Celles-ci n'eurent cependant aucun succès, l'eau bouillante dans le fond du récipient étant moins efficiente que des jets de vapeur dans la masse. » « Ceci étant, il y a peu de doute, que la présence d'un léger excès de vapeur humide, de préférence sous faible pression, est un point essentiel pour un malaxage satisfaisant du fruit dans le système à centrifuge; la masse est ainsi maintenue aussi liquide que possible, sans affecter défavorablement la désintégration des fruits. »

Ces auteurs croient donc qu'une émulsion peut se faire durant l'expression de l'huile: ils savent que des matières émulsives existent dans les fruits, qui sont nécessaires à la formation de l'émulsion. Ils prétendent neutraliser leur action par la stérilisation sous pression.

La formation d'une émulsion durant l'expression de l'huile ne serait donc plus possible. D'autre part, ils constatent empiriquement qu'il faut une grande quantité d'eau dans la masse pour que l'extraction atteigne un maximum. Et malgré cela, ils sèchent les fruits très fortement, à tel point qu'ils sont obligés d'ajouter de l'eau par après. Et si la dessiccation n'est pas complète, l'addition d'eau entraîne des difficultés. L'explication de ces difficultés n'est-elle pas plutôt la suivante: l'émulsion existe dans le fruit; par dessiccation brusque on agglomère les bulles macroscopiques d'huile, tandis que les matières

émulsives condensées dans les couches de contact huile et eau n'ont subi que peu ou pas de transformation ; l'émulsion fine continue donc à exister et est renforcée par la rupture des cellules.

Il ne reste donc que la dessiccation totale pour arriver à rompre l'émulsion, car s'il subsiste de l'eau, fût-ce en faible proportion, l'émulsion persiste et il suffira de la diluer pour la stabiliser à nouveau.

Citons encore l'idéal défini par BLOMMENDAEL : « La plus belle expression est obtenue avec des fruits séchés complètement et réhumectés artificiellement, ce qui constitue dans la pratique un travail trop compliqué. » Cet idéal ne peut donc pas être atteint pour des raisons économiques. C'est pourquoi on accepte un compromis que l'on pourrait définir comme suit : pousser la dessiccation jusqu'au stade où il reste l'eau exactement nécessaire pour remplir les interstices des tourteaux dans la pression la plus élevée : ce stade est déterminé empiriquement. S'il reste plus d'eau, celle-ci s'écoulera sous forme d'émulsion stable d'huile dans l'eau, dont l'huile se perdra durant la décantation. S'il reste moins d'eau, c'est de l'huile agglomérée qui remplira les capillaires du tourteau et cette huile est perdue également.

N'est-il pas plus logique de surmonter les difficultés en remplaçant la dessiccation totale par une inversion de l'émulsion qui nécessite une dessiccation moins poussée que celle généralement adoptée dans les usines à presse ? On peut alors, sans crainte de reformer une émulsion H/O, ajouter de l'eau durant le malaxage, et cette eau permettra le déplacement total de l'huile (ou O/H) durant la pressée et l'eau résiduelle sera de l'eau pratiquement pure. Notons cependant que cette addition d'eau devra être rationnelle, pour éviter l'entraînement de matières mucilagineuses, qui, sans toutefois affecter le rendement, rendraient la purification plus difficile. Le produit sortant des presses ou desessoreuses serait une émulsion huile dans eau dans huile, qu'il suffit de dessécher par chauffage au-dessus d'une couche d'eau bouillante ou dans un bac à décanter à double paroi de vapeur, pour que toute l'huile soit agglomérée. Ne peut-on pas dire que la stérilisation sous pression, suivie de détente brusque, est un pis-aller admis parce qu'il facilite l'égrappage et la surveillance ?

Cette stérilisation sous pression constitue peut-être une amélioration mécanique pour l'huilerie, mais au point de vue technique, elle est un grave inconvénient, auquel on tente de remédier par des dessiccations coûteuses.

VIII. — CONCLUSIONS.

1° Quel que soit le procédé d'extraction, l'opération essentielle dans l'huilerie est la préparation des fruits durant la cuisson et le malaxage ;

2° Cette préparation vise une double fin :

- rompre l'émulsion existant dans le fruit, soit en inversant le type d'émulsion, soit en desséchant complètement la pulpe ;
- briser toutes les cellules oléifères ;

3° Dans le « wet process », il faut effectuer un malaxage à sec. Ceci ne peut se faire avec intérêt que si les fruits ont subi la dessiccation lente ou totale. Une faible teneur en huile des fibres épuisées n'est pas un criterium de bonne préparation ni de bonne extraction dans le procédé humide ;

4° Une ébullition violente des produits bruts de malaxage peut remédier à une mauvaise préparation ;

5° Les variations des pertes aux centrifuges sont dues principalement à la préparation défectueuse des fruits ;

6° En général, on peut dire que le « wet process » est un excellent procédé pour extraire l'huile des fruits égrappés avant stérilisation, pourvu que celle-ci soit lente et provoque l'inversion de l'émulsion existant dans les fruits.

IX. — BIBLIOGRAPHIE

1. BÜCHER und FICKENDEY: « Die Oelpalme (*Elaeis guineensis*) ». — Berlin, 1919.
2. BLOMMENDAEL: « De oliepalmcultuur in Nederlandsch-Indië ». — Haarlem, 1937.
3. MANGRANÉ: « Chimie des huiles et des graisses ». — Paris, 1933.
4. CLAYTON: « Emulsions and their technical treatment ». — Londres, 1943.
5. ADAM: « Le palmier à huile ». — Paris, 1910.
6. ANNET: « Le palmier à huile au Cameroun et en Afrique tropicale ». — Paris, 1921.
7. BUNTING, GEORGI and MILSUM: « The oil palm in Malaya ». — Kuala-Lumpur, 1934.
8. INSTITUT COLONIAL DE MARSEILLE: « Mémoires et rapports sur les matières grasses » (tome III). — Marseille, 1928.
9. BOLTON: « Fats and fatty Foods ». — London, 1928.
10. INSTITUT COLONIAL DE MARSEILLE: « Enquête du Comité anglais des graines oléagineuses. Les amandes et huile de palme ». — Marseille, 1920.
11. LEWKOWITSCH: « Huiles, graisses et cires ». — Paris, 1906.
12. « UBBELOHDE's Handbuch der Chemie und Technologie der Oele und Fette ». — Leipzig, 1929.
13. HEFTER: « Technologie der Fette und Oele ». — Berlin, 1910.
14. DAVIDSOHN: « Untersuchungsmethoden der Oele, Fette und Seifen ». — Berlin, 1926.
15. LANGE: « La théorie des émulsions », traduit par A. CORNILLOT. — Paris, 1934.
16. RUTGERS: « Investigation on Oilpalms ». — (AVROS, Medan), 1922.
17. Jhr. F. O. VAN HEURN: Communication d'AVROS, Série générale. — Batavia, 1921.
18. PASSELÈGUE: « Les concasseurs à noix de palme ». — Paris, 1927.
19. BERTHOLD BLOCK: « Clarification et séparation des liquides par la force centrifuge ». — Paris, 1933.

20. DUTCHER and HALEY: « Agricultural Biochemistry ». — New-York, 1932.
21. THATCHER: « Chemistry of Plant Life ». — New-York, 1921.
22. BERKMAN and EGLOFF: « Emulsions and Foams ». — New-York, 1941.
23. KRAEMER: « Advances in colloid Science: Inter science publ. ». — New-York, 1942.
24. AUDUBERT: « Les propriétés électrochimiques des protéines ». — Paris, 1935.
25. « Handbook of Chemistry and Physics ». — Chemical Rubber Publishing Co, Cleveland, Ohio, 1944.
26. BARNES: « La présence des acides gras libres dans l'huile de palme ». — Bull. Mat. grasses, 1924.
27. BOKHORST: « Het sterilisatieproces in het palmoliebedrijf ». — Bergcultures, n° 23, 1939.
28. FICKENDEY: « Ein neues Verfahren zur Gewinnung von Palmöl ». — TROPENPFLANZER, n° 1, 1929.
29. BLOMMENDAEL: « The Malayan Agricultural Journal », vol. XVI, 1928.
30. ISART: « Aide-mémoire de l'Ingénieur mécanicien ». — Paris, 1928.
31. ALEXANDER: « Colloid Chemistry », vol. III. — New-York, 1931.