



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.

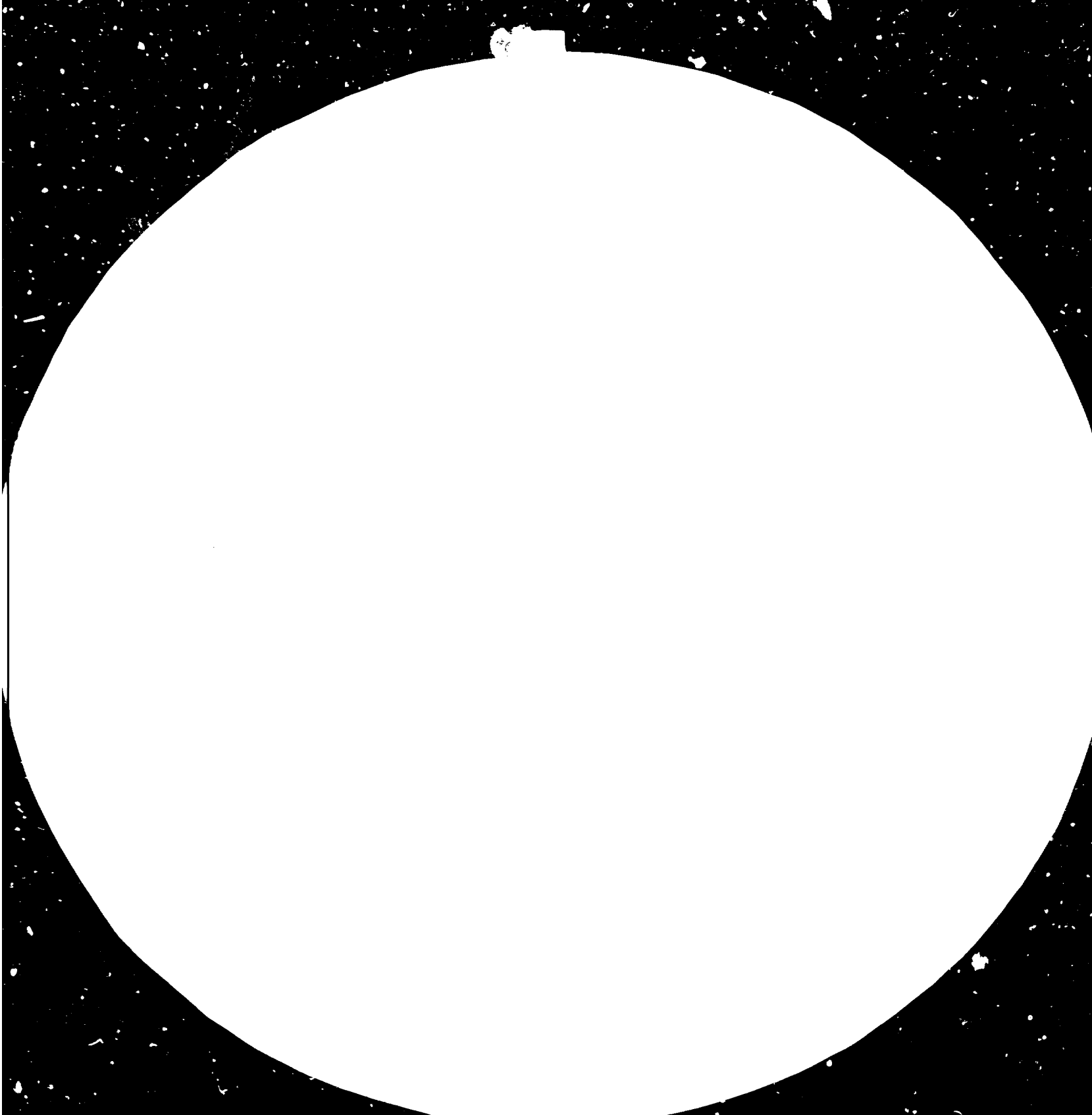
FAIR USE POLICY

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.

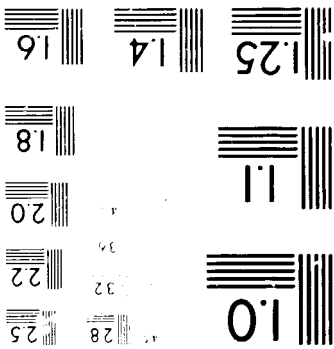
CONTACT

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

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



MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART
 NATIONAL BUREAU OF STANDARDS-
 STANDARD REFERENCE MATERIAL 1979
 APPROVED BY THE NATIONAL BUREAU OF STANDARDS



12419-F

Distr. LIMITEE

UNIDO/IC.404

13 avril 1983

FRANCAIS

Original : ANGLAIS

ORGANISATION DES NATIONS UNIES
POUR LE DEVELOPPEMENT INDUSTRIEL

BALANITES AEGYPTIACA *

Possibilités offertes par une matière première
inutilisée dans l'agro-industrie

TF/INT/77/021

Développement du produit et des procédés en vue de l'utilisation industrielle du fruit de Balanites Aegyptiaca pour fabriquer toute une variété de produits alimentaires destinés à l'homme et aux animaux ainsi que des composés stéroïdes.

Examen, par M. I.M. Abu-Al-Futuh, d'un projet lancé par l'ONUDI et mis en oeuvre en étroite coopération avec l'Institut industriel de recherche et de consultation de Khartoum (Soudan) et le Conseil de la recherche et de la productivité de Fredericton (Canada).

* Document n'ayant pas fait l'objet d'une mise au point rédactionnelle.

UN/86768

TABLE DES MATIERES

	<u>Page</u>
Table des matières	i
Liste des tableaux	v
Liste des figures	viii
Notes explicatives	x
INTRODUCTION	1
REMERCIEMENTS	2
RESUME	3
Chapitre 1. DESCRIPTION GENERALE DE L'ARBRE BALANITES (Heglig)	5
1.1. Classification	5
1.2. Noms vernaculaires	5
1.3. Description	7
1.4. Caractéristiques	7
1.5. Habitat	10
1.6. Répartition géographique	10
1.7. Utilisation	10
1.8. Ressources naturelles de fruits de balanites au Soudan	12
1.9. Espèces africaines de fruits de balanites	12
Chapitre 2. COMPOSANTS CHIMIQUES DU FRUIT DE BALANITES AEGYPTIACA	15
2.1. Composition du fruit de balanites	15
2.2. Composants chimiques du fruit de balanites	15
2.3. Teneur en protéines du fruit de balanites	16
2.4. Teneur en huile du fruit de balanites	16
2.5. Sucres de balanites	16
2.6. Saponines et sapogénines de balanites	21
Chapitre 3. PRODUITS INTERMEDIAIRES DU FRUIT DU BALANITES	23
3.1. Séparation du mésocarpe	23
3.2. Séparation de l'amande	23
3.3. Pressage mécanique des amandes de balanites	25
3.3.1. Matière première : Amandes de balanites	25
3.3.2. Traitement expérimental de l'amande de balanites	25

	<u>Page</u>
3.3.2.1. Essais expérimentaux préliminaires de traitement (pressage mécanique) d'amandes de balanites	26
3.3.2.2. Traitement final des amandes de balanites	29
3.3.2.3. Composition chimique de l'huile brute de balanites et du tourteau d'amande	33
Chapitre 4. TRAITEMENT DES PRODUITS INTERMEDIAIRES DU FRUIT DE BALANITES	34
4.1. Traitement du mésocarpe de balanites afin d'obtenir des produits de fermentation et des sapogénines stéroïdes	35
4.1.1. Composition chimique du mésocarpe de balanites	37
4.1.2. Production d'éthanol par fermentation	37
4.1.3. Production de sapogénines stéroïdes	38
4.2. Traitement des amandes de balanites afin d'obtenir des produits alimentaires	38
4.2.1. Extraction de l'agent amer des amandes de balanites	39
4.2.2. Produits alimentaires obtenus à partir des amandes de balanites	41
4.3. Traitement de l'huile brute de balanites	41
4.3.1. Traitement de l'huile brute de balanites à des fins comestibles (raffinage)	41
4.3.1.1. Propriétés physico-chimiques de l'huile de balanites raffinée	44
4.3.2. Traitement de l'huile brute de balanites pour la fabrication de savon	44
4.3.2.1. Propriétés du savon fabriqué à partir d'huile de balanites	46
4.4. Production de saponines à partir de tourteaux d'amandes de balanites	46
4.4.1. Essais préliminaires d'extraction de saponines stéroïdes à partir de tourteaux d'amandes de balanites	46
4.4.2. Production de saponines stéroïdes à partir de tourteaux d'amandes de balanites	47

	<u>Page</u>
Chapitre 5. UTILISATION DES PRODUITS FABRIQUES A PARTIR DU FRUIT DE BALANITES	49
5.1. Utilisation du tourteau d'amandes de balanites	49
5.1.1. Essai de production d'aliments pour volaille et d'oeufs	49
5.1.1.1. Essais préliminaires d'engraissement	50
5.1.1.2. Essais préliminaires de production d'oeufs	52
5.1.1.3. Essais définitifs de production d'aliments pour volaille et d'oeufs	55
5.1.1.4. Incidences sur la production d'aliments pour volaille et d'oeufs	55
5.1.2. Essais en matière d'alimentation des animaux	59
5.1.2.1. Essais préliminaires en matière d'alimentation des animaux	59
5.1.2.2. Essais pratiques définitifs en matière d'alimentation des animaux	60
5.1.2.3. Résultats des essais réalisés en matière d'alimentation des animaux	61
5.2. Examen biologique des saponines stéroïdes de balanites	62
5.2.1. Effet des saponines de balanites sur la concentration de sucre dans le sang	64
5.2.2. Effet des saponines de balanites sur la fonction gastro- intestinale	65
5.2.3. Dose létale (LD 100) des saponines de balanites	66
5.2.4. Rôle des saponines de balanites dans la lutte contre la schistosomiase	68
5.2.4.1. Rôle des saponines de balanites dans la lutte contre l'escargot à bilharzies	68
5.3. Amandes grillées de balanites utilisées comme produits alimentaires	69
5.4. Huile de balanites raffinée utilisée dans l'alimentation	70
5.4.1. Aptitude à la friture de l'huile de balanites raffinée	70
5.4.2. Etude de marché de l'huile de balanites raffinée	72
5.5. Utilisation de l'huile brute de balanites pour la production de savon	72

	<u>Page</u>
Chapitre 6. ASPECTS ECONOMIQUES DU TRAITEMENT DU FRUIT DE BALANITES	73
6.1. Débouchés du mésocarpe de balanites	73
6.1.1. Utilisation directe du mésocarpe de balanites	73
6.1.2. Utilisation du mésocarpe de balanites dans les industries de la fermentation et des stéroïdes	74
6.1.2.1. L'éthanol et son utilité	74
6.1.2.2. La diosgénine et l'industrie des stéroïdes	77
6.1.2.3. Acide carbonique	82
6.1.2.4. Alcochl amylique	82
6.1.2.5. Résidus (ou distillat)	82
6.2. Débouchés de la coque de balanites	82
6.3. Débouchés de l'amande de balanites	83
6.3.1. Production mondiale d'oléagineux	83
6.3.2. Le marché mondial des produits d'oléagineux	84
6.4. Valeur nette des produits obtenus à partir du fruit de balanites	89
Chapitre 7. DISCUSSION ET CONCLUSIONS	91
Chapitre 8. RECOMMANDATIONS	94
REFERENCES	97

LISTE DES TABLEAUX

<u>Tableau</u>	<u>Titre</u>	<u>Page</u>
2.1.	Composition approximative des fruits de balanites provenant de diverses sources soudanaises, pourcentages en poids	15
2.2.1.	Composants chimiques des fruits de balanites provenant de diverses sources soudanaises, pourcentages en poids	17
2.2.2.	Composition comparée de certaines graines oléagineuses, dont les amandes de balanites, pourcentages en poids	18
2.3.1.	Teneur en amino-acides de certaines graines oléagineuses, dont les amandes de balanites, mg/g d'azote	19
2.4.1.	Teneur comparée en acide gras de certaines huiles végétales, dont l'huile de balanites, pourcentages en poids	20
3.3.2.	Propriétés comparées de l'amande de balanites et de la graine d'arachide	26
3.3.2.1.	Résultats des essais expérimentaux préliminaires de traitement des amandes de balanites	28
3.3.2.2.	Données relatives au traitement des amandes de balanites	32
3.3.2.3.	Analyse de l'huile brute de balanites et du tourteau d'amande	33
4.1.1.	Constituants chimiques approximatifs du mésocarpe de balanites	37
4.2.1.	Données sur les amandes de balanites dont l'agent amer a été extrait	40
4.3.1.	Données quantitatives relatives au raffinage de l'huile brute de balanites	42
4.3.1.1.	Normes internationales recommandées applicables à certaines huiles comestibles et données analytiques concernant l'huile de balanites	45
4.4.1.	Composition chimique du tourteau d'amandes de balanites après injection de divers alcools aqueux pendant trois heures	48
4.4.2.	Données obtenues après séchage par atomisation d'un litre d'échantillons aliquots d'extraits de saponine brute à viscosité variable	48

<u>Tableau</u>	<u>Titre</u>	<u>Page</u>
5.1.1.1.a.	Engraissement total moyen et mortalité totale des poussins alimentés sur la base de divers taux d'inclusion de tourteau d'amandes de balanites	51
5.1.1.1.b.	Engraissement total moyen et mortalité totale des poussins alimentés par des rations contenant des tourteaux d'amandes de balanites traitées	52
5.1.1.2.a.	Production d'oeufs des pondeuses alimentées par des rations contenant diverses proportions de tourteau d'amandes de balanites	53
5.1.1.2.b.	Composition et analyse chimique de quatre rations de pondeuses différentes	53
5.1.1.2.c.	Production d'oeufs des pondeuses alimentées par des rations différentes contenant 7,5 % en poids de tourteau d'amandes de balanites traitées ou non traitées	54
5.1.1.3.a.	Composition en éléments nutritifs de la pâtée des poussins	56
5.1.1.3.b.	Composition en éléments nutritifs de la ration des pondeuses	56
5.1.1.3.c.	Engraissement moyen des poussins (en grammes)	57
5.1.1.3.d.	Engraissement moyen des poulets/poulettes d'élevage (en grammes)	57
5.1.1.3.e.	Production d'oeufs des pondeuses (en pourcentage)	57
5.1.2.1.	Aliments fournis aux animaux au cours de la période préliminaire	59
5.1.2.2.a.	Ingrédients entrant dans la composition des rations fournies aux animaux des groupes A et B	60
5.1.2.2.b.	Analyse immédiate des rations expérimentales (pourcentage en poids) d'alimentation pour animaux	60
5.1.2.3.a.	Ration alimentaire et évolution de la croissance des animaux soumis à l'expérience au cours de la période pilote	61
5.1.2.3.b.	Evolution moyenne, semaine par semaine, du poids en kilogrammes des moutons soumis à l'expérience	61
5.2.1.a.	Effet de la saponine de balanites sur la concentration de sucre dans le sang du rat	64
5.2.1.b.	Effet de la saponine de balanites sur la concentration du sucre dans le sang du lapin	65

<u>Tableau</u>	<u>Titre</u>	<u>Page</u>
5.2.2.	Effet des saponines de balanites sur le poids et la consistance des selles	66
5.2.3.	Dose létale (LD 100) des saponines de balanites dans le rat et le lapin	68
5.2.4.1.	Pouvoir molluscicide des saponines de balanites	69
5.4.1.	Comparaison entre les points de fumée et la teneur en acide gras libre de plusieurs huiles comestibles	70
5.4.2.	Test hédonique : appréciation des consommateurs sur l'huile de balanites et sur l'huile de graine de coton utilisées pour faire frire du poisson et de la pomme de terre	72
6.1.2.2.1.	Production mondiale de stéroïdes en équivalent en tonnes de diosgénine et pourcentage	78
6.1.2.2.2.	Consommation mondiale de stéroïdes destinés à la fabrication des médicaments en équivalent en tonnes de diosgénine et pourcentage	78
6.1.2.2.3.	Prix de la diosgénine d'origine chinoise	78
6.3.1.	Production mondiale des principaux oléagineux (1970-1981)	84
6.3.2.	Production mondiale des principales huiles végétales(1978-1980)	88
6.3.2.a.	Prix mondial moyen de certaines huiles végétales (1976-1980)	88
6.3.2.b.	Prix mondial moyen de certains tourteaux d'oléagineux (1977-1980)	89
6.3.2.c.	Derniers prix mondiaux de certains produits d'oléagineux (août 1982)	89

LISTE DES FIGURES

<u>Figure</u>	<u>Titre</u>	<u>Page</u>
1.3.	L'arbre de balanites de la province du Nil Bleu au Soudan	6
1.3.a.	Branches en fleurs et fruit de <u>Balanites Aegyptiaca</u> (grandeur nature)	8
1.3.b.	Fruit de balanites et amandes de balanites	9
1.6.	Répartition de l'arbre balanites dans les provinces du Soudan	11
1.9.	Fruit de balanites des espèces africaines : fruit entier et coupe transversale	14
2.6.	Sapogénines stéroïdales de balanites	22
3.	Traitement du fruit du balanites	24
3.3.2.2.	Schéma des opérations de traitement mécanique des amandes de balanites	30
3.3.2.2.a.	Bilan matière pendant le traitement des amandes de balanites, base : 1 heure	31
4.	Produits intermédiaires du fruit de balanites	34
4.1.	Diagramme indiquant le traitement du mésocarpe du fruit de balanites	36
4.3.1.	Diagramme indiquant le procédé de raffinage de l'huile de balanites	43
5.1.1.4.	Rôle du tourteau d'amande de balanites dans l'engraissement de la volaille	58
5.1.2.3.	Rôle de l'utilisation des tourteaux d'amandes de balanites dans l'engraissement des moutons sur pied	63
5.2.2.	Effet des saponines de balanites sur le poids des selles du lapin après dix heures d'administration	67
5.3.	Questionnaire sur la réaction des consommateurs à la consommation de l'amande de balanites grillée	71

<u>Figure</u>	<u>Titre</u>	<u>Page</u>
6.1.2.2.1.	Production mondiale de stéroïdes (1963-1976)	79
6.1.2.2.2.	Consommation mondiale des principaux stéroïdes destinés à la fabrication des médicaments (1963-1980)	80
6.1.2.2.3.	Prix de la diosgénine d'origine chinoise dans le monde (1976-1982)	81
6.3.1.	Production totale mondiale des principaux oléagineux (1965-1980)	85
6.3.1.a.	Production des principaux oléagineux au Soudan (1977-1981)	86
6.3.1.b.	Production totale d'oléagineux au Soudan (1970-1981)	87

Notes explicatives

Généralités

Les mots figurant entre parenthèses indiquent un nom commun, comme par exemple (Lalobe).

Les chiffres figurant entre parenthèses () indiquent une référence.

Les mots soulignés indiquent des noms latins, comme par exemple Balanites Aegyptiaca.

Les deux points (:) sont utilisés pour caractériser un état ou un nom particuliers.

L'astérisque (*) est utilisé après certains mots pour indiquer l'existence d'une note explicative en bas de page.

La virgule (,) est utilisée pour indiquer les décimales.

La barre de fraction (/) est utilisée pour indiquer une expression telle que \$ E.-U./tonne.

Le tiret (-) placé entre deux chiffres est utilisé pour indiquer un ensemble de chiffres, du premier au dernier chiffre.

Par "tonne" on entend tonne métrique.

Par "gallon" on entend gallon impérial.




Sauf indication contraire, les prix sont donnés en dollars des Etats-Unis (\$).

La mention d'une organisation ne sous-entend pas nécessairement l'aval de l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel.

Organisations

AOCS	American Oil Chemists Society
IRCI	Industrial Research and Consultancy Institute - Soudan
IUPAC	Union internationale de la chimie pure et appliquée
RPC	Conseil de la recherche et de la productivité - Canada
TPI	Tropical Products Institute - Royaume-Uni
OMS	Organisation mondiale de la santé
ONUUDI	Organisation des Nations Unies pour le développement industriel

Abréviations et symboles techniques

Bkc	Tourteau de noyaux de balanites
°C	Degré Celcius
cm	Centimètre
Del	Delile
g	Gramme
I.P.	Intrapéritoneal
kg	Kilogramme
kj	Kilojoule
km	Kilomètre
L	Linné
m	Mètre
mg	Milligramme
mm	Millimètre
mn	Minute
P	Pression
ppm	Parts/million
pm	Poids moléculaire
psi	Livre par pouce carré
T	Température
tcp	Total crude protéin (protéine brute totale)
ts	Tour/seconde
%	Pour cent
	Inférieur à
	Approximativement
	Equivalent à

INTRODUCTION

Consciente de la nécessité d'optimiser l'utilisation des matières premières agricoles tant traditionnelles que non traditionnelles pour produire des aliments, des biens de consommation et d'autres biens destinés à l'homme, l'ONUDI a commandé une étude détaillée sur la mise au point des produits et des procédés en vue de parvenir à une utilisation maximale, en Afrique, des ressources de Balanites Aegyptiaca jusqu'à présent inutilisées.

Avec l'autorisation et l'aide précieuse des autorités compétentes du Gouvernement soudanais, un projet modèle a été mis en place dans le but de mettre au point de nouveaux produits non traditionnels ainsi que les procédés de production industrielle nécessaires permettant de traiter le fruit de Balanites Aegyptiaca en tant que matière première. Le présent rapport décrit et examine les activités de développement relatives aux produits et aux procédés ainsi que les résultats obtenus, lesquels sont extrêmement prometteurs; il est destiné à être examiné et utilisé par tous les intéressés désireux de tirer parti des ressources jusqu'à présent inutilisées de la matière première que constitue Balanites Aegyptiaca aux fins de mettre en place une nouvelle industrie agricole dans les pays en développement intéressés et de produire ainsi des aliments de qualité supérieure, tout en ouvrant des nouvelles possibilités d'emploi et en renforçant l'économie de ces pays. Pour l'ONUDI, le nouveau projet d'utilisation de Balanites Aegyptiaca intéresse tout particulièrement les pays africains en développement situés dans la zone du Sahel.

Le fruit de Balanites Aegyptiaca (lalobe) se compose d'une enveloppe extérieure (mésocarpe) riche en hydrates de carbone et contenant aussi des saponines stéroïdes. Ce mésocarpe recouvre une coque qui renferme une amande ayant une forte teneur en huile et d'intéressantes combinaisons protéiques. Toutefois, en dépit de sa valeur alimentaire et pharmaceutique, le fruit de Balanites Aegyptiaca continue d'être pratiquement inexploité. En effet, du fait de son goût amer, sa consommation directe par l'homme n'a jamais été envisagée et l'absence de techniques de traitement n'a pas permis de l'exploiter industriellement comme il le faudrait.

L'ONUDI serait toute disposée à appuyer encore davantage tout effort d'industrialisation fondé sur l'utilisation des ressources de Balanites Aegyptiaca, tout particulièrement en Afrique, au profit des pays en développement intéressés.

REMERCIEMENTS

L'ONUDI souhaite exprimer ses remerciements aux collaborateurs suivants qui ont activement participé au projet et qui ont apporté à l'Organisation une aide précieuse dont elle leur est infiniment reconnaissante.

- Dr Gordon Brown, Chef du Service de la chimie et des sciences alimentaires, Conseil de recherche et de la productivité, Fredericton (Canada).
- Dr Farouk El-Tayeb, Directeur par intérim de l'Industrial Research and Consultancy Institute (IRCE), Khartoum (Soudan) et tous les membres de l'équipe d'étude de Balanites.
- Dr. I.M. Abu-Al-Futuh, Conseiller spécial de l'ONUDI.
- Dr. Omer A. Rahim Al-Khidir, Chef de la station de recherche de Kuku, Khartoum Nord (Soudan).
- Dr M. Boukhari, Directeur de la Sudan Oil-Mills Corporation, Khartoum Nord (Soudan).
- Dr Yahia M. El-Kheir, Chef du département de pharmacognosie et Dr Kamal E.H. El-Tahir, Département de pharmacologie, Faculté de pharmacie, Université de Khartoum, ainsi que tous ceux qui ont participé aux travaux de recherche-développement portant sur le fruit de Balanites Aegyptiaca.

L'ONUDI souhaite par ailleurs exprimer ses remerciements aux organisations suivantes qui lui ont fourni de très précieux conseils :

- Service des plantes médicinales et aromatiques, National Council for Research, Khartoum (Soudan) c/o Dr Abdel-Karim M. Saleh.
- Administration des forêts, Ministère de l'agriculture, des ressources alimentaires et naturelles, boîte postale 658, Khartoum (Soudan) c/o M. Kamal H. Badi, Directeur.
- Université de Bath, Ecole de pharmacie et de pharmacologie, Bath BA2 7AY (Royaume-Uni), c/o Dr Roland Hardman.
- Tropical Products Institute (TPI), 56/62 Grays Inn Road, London WC1X 8LU (Royaume-Uni), c/o M. John J. Coppen.

RESUME

On trouvera dans la présente étude une description de balanites (heglig) qui met particulièrement l'accent sur ses caractéristiques, son habitat, sa répartition géographique et l'utilisation de son fruit et de ses ressources. L'étude comporte également la classification et les noms vernaculaires de Balanites Aegyptiaca, ainsi qu'une description succincte des espèces communes de balanites poussant en Afrique.

L'étude traite en outre de la composition du fruit de Balanites Aegyptiaca (lalobe) et des composés chimiques de ses divers éléments. Les composés chimiques de l'amande du fruit de balanites et notamment sa composition en acides aminés, sont comparés avec ceux de plusieurs autres graines oléagineuses. On trouvera par ailleurs une comparaison entre l'huile de l'amande de balanites et d'autres huiles végétales.

L'étude décrit le traitement qui permet de séparer le fruit de Balanites Aegyptiaca de son mésocarpe, de la coque et de l'amande. Le pressage mécanique de l'amande du fruit de balanites pour en extraire l'agent amer fait l'objet d'une description et les conditions optimales sont définies. L'étude comporte aussi un schéma du procédé et des besoins en matériel. Les données nécessaires au traitement de l'amande de balanites sont présentées sous forme de tableaux. D'autre part, l'étude comporte une présentation des données analytiques nécessaires à l'extraction de l'huile brute et à la production de tourteaux d'amandes de balanites.

Le traitement du mésocarpe du fruit de balanites pour obtenir des produits de fermentation (par exemple de l'éthanol, du dioxyde de carbone, etc.) et des sapogènes stéroïdes est décrit dans ses grandes lignes. Il y est aussi question du traitement de l'amande du fruit de balanites pour obtenir des produits alimentaires (tels que des produits à base d'arachide). L'extraction de l'agent amer de l'amande de balanites (adoucisement) est étudiée en détail. L'étude traite aussi du raffinage de l'huile de balanites brute : des données sur les besoins en matériel de raffinage sont indiquées ainsi que les propriétés physicochimiques de l'huile raffinée et ses possibilités commerciales. On trouvera enfin une formulation du traitement de l'huile de balanites brute pour la production de savon et une indication des propriétés du savon obtenu. La production de saponine séchée par pulvérisation obtenue à partir de tourteaux d'amande de balanites est également décrite.

L'étude met l'accent sur l'utilisation des produits obtenus à partir du traitement du fruit de balanites dans l'industrie des aliments et notamment des aliments pour animaux, des médicaments et de la fermentation, entre autres. On a ainsi procédé à des essais sur l'emploi des tourteaux de balanites dans l'alimentation des animaux et en particulier de la volaille, sur l'activité biologique des

saponines de balanites, sur la possibilité de commercialiser l'amande de balanites en tant que produit alimentaire ainsi que sur les possibilités de commercialisation de l'huile de balanites raffinée utilisable dans la friture et du savon de ménage fabriqué à partir d'huile de balanites brute.

Les aspects économiques des produits fabriqués à partir du fruit de balanites et notamment leur utilisation et leurs débouchés sont examinés en détails. L'étude contient des statistiques sur la production et la consommation mondiale ainsi que sur le prix des produits fabriqués dans le monde et équivalents aux produits fabriqués à partir du fruit de balanites (par exemple les huiles végétales, les farines de tourteau, les diogénines, etc.). La valeur brute et nette des produits fabriqués à partir du fruit de balanites est évaluée. On trouvera une description des caractéristiques générales du traitement du fruit de balanites.

Cette étude permet de tirer la conclusion qu'il est possible de traiter le fruit de balanites pour obtenir des aliments et notamment des aliments pour animaux, des médicaments et des produits de fermentation : au cours du processus, la coque du fruit constitue une source d'énergie. La fabrication de certains produits tels que l'huile, les tourteaux, l'éthanol, le dioxyde de carbone et les aliments pour animaux permettrait de renforcer l'industrie locale des pays producteurs. Par ailleurs, d'autres produits tels que la diogénine et le charbon de bois actif offrent d'importantes possibilités en matière d'exportation.

Les immenses possibilités qu'offre l'exploitation au Soudan du fruit de balanites sont de nature à entraîner la création de nouvelles industries dans les régions où cet arbre pousse (c'est-à-dire dans les provinces de Kordofan et de Darfur); son exploitation permettrait du même coup de relever le niveau de vie des populations de ces régions.

Le présent rapport constitue un cadre particulièrement adapté à la situation au Soudan et dans d'autres pays en développement de fabriques de traitement du fruit de balanites. Toutefois, la création de ce type d'industrie devrait reposer sur les résultats de diverses études de faisabilité technique et économique détaillées qu'il faudrait entreprendre cas par cas.

Chapitre 1

DESCRIPTION GENERALE DE L'ARBRE BALANITES (HEGLIG)

1.1 Classification

Balanites fait partie des plantes à fleurs telles que les herbes et les buissons ou les arbres; ses graines possèdent deux cotylédons. Sa classification est la suivante :

Phylum :	Angiospermée
Subphylum :	Dicotylédons
Espèce :	Archiclamydée
Ordre :	Geraniales
Famille :	Zygophyllacées - Dans le passé, classé dans la famille des Simaroubacées
Genre :	Balanites

L'arbre balanites (heglig), dont il est question dans le présent rapport, est l'espèce africaine connue sous le nom botanique de Balanites Aegyptiaca (L.) Del. dont l'espèce indienne connue sous le nom de Balanites Roxburghii Planch, est considérée comme une espèce identique.

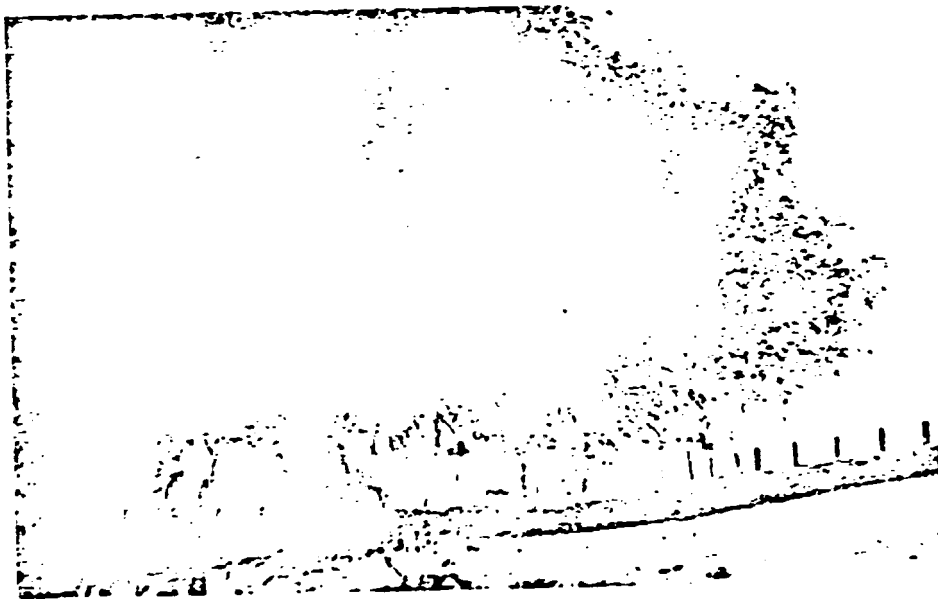
A noter que le genre balanites comprend 25 espèces différentes (41).

1.2 Noms vernaculaires

L'arbuste balanites est connu sous les noms suivants : HEGLIG (Arabe); MUSONGOLEE (Luganda de Buruli); MUTETE (Lynyoro); LOBA, LOGBA (Lugbara et Madi); TO (Lue A et Acholi); ECHOMAI (Atesa); EKORETE (Ateso K); CHOMIANDET (Sebei); ZOMAL (Lugishu); KINACHOMA (Lugwere); SHASHOBA (Hadendow et Bishariu); Q-OG-G-OGAT (Beni Amer); TAU, TU (Dinka, Shilluk, Jur, Nuer); KORAK et KURI (Nuba); TIRA (Nuba et Dilling); SARONGO (Gola); KHA, GA (Hamej).

Figure 1.3

L'arbre de balanites de la province du Nil Bleu au Soudan



1.3 Description

L'arbre balanites est un arbre de savanne qui atteint généralement une hauteur de 4,5 à 6 m mais qui peut parfois aller jusqu'à 10 m. Il s'agit d'une espèce coromiforme sphérique caractérisée par un enchevêtrement touffu de longues branches épineuses. Les branches, lisses et de couleur grise, présentent des lenticelles de couleur crème qui foncent lorsqu'on progresse de l'apicale à la tige mère où elles prennent une couleur grisâtre. L'écorce va du gris au brun foncé et présente des écailles épaisses et irrégulières et de longues fissures verticales. Les épines, qui sont vertes, droites et dirigées vers l'avant sont rarement fourchues; elles mesurent jusqu'à 5 cm de long et poussent dans l'aisselle des feuilles. La feuille est constituée par deux folioles gris-vert partant d'un court pétiole de 1 à 2 cm de long. Les folioles, qui peuvent être obovales ou orbiculaires-rhomboidales mesurent de 2,5 à 5 cm de long et de 1,2 à 2,5 cm de large, ou elles sont sessiles ou elles portent des pétiolules mesurant jusqu'à 1 cm de long. De couleur gris-jaune, la fleur est formée d'épis; parfois, on la trouve en grappes rondes dans l'aisselle de la feuille. Chaque fleur, dont le diamètre va de 1 à 1,2 cm, est constituée par 5 petits sépales caduques, 5 pétales, 10 étamines et un disque qui entoure l'ovaire. Le fruit, de couleur grise, vire au jaune au fur et à mesure qu'il mûrit, laissant un espace entre l'épicarpe (peau) et la mésocarpe (pulpe). Le fruit, qui contient une amande, est oblong-ellipsoïde et mesure de 2,5 à 4 cm de long et environ 1,5 cm de diamètre. Le fruit mûr se compose d'une peau ridée ayant l'apparence du cuir (épicarpe) qui recouvre une pulpe comestible visqueuse d'un brun-jaune (mésocarpe) laquelle recouvre une coque ligneuse et dure et présentant des aspérités (endocarpe) qui renferme l'amande* (graine). Le bois de l'arbre balanites est relativement madré, compact et lustré et d'aspect brun-jaune (39).

1.4 Caractéristiques

L'arbre balanites a des racines relativement profondes et un pivot solide. Du fait qu'il possède une écorce épaisse, l'arbre offre une très grande résistance aux feux d'herbes. Semi-caduc, il perd une partie de son feuillage au cours de la saison sèche mais conserve toujours quelques feuilles. Il fleurit de novembre à avril, selon son implantation géographique. Le fruit mûr peut être cueilli entre janvier et août. L'arbre balanites commence à porter des fruits lorsqu'il a atteint cinq ou sept ans; il parvient à la maturité au vint de 25 ans; c'est donc un arbre vivace (plus d'une centaine d'années). En moyenne, un arbre mûr peut donner entre 100 et 150 kg de fruits mûrs par an (soit de 8 000 à 12 000 fruits). A noter que l'arbustre

* Connue au Soudan sous le nom de Damalouge.

Figure 1.3.a

Branches en fleurs et fruit de Balanites Aegyptiaca
(grandeur nature)

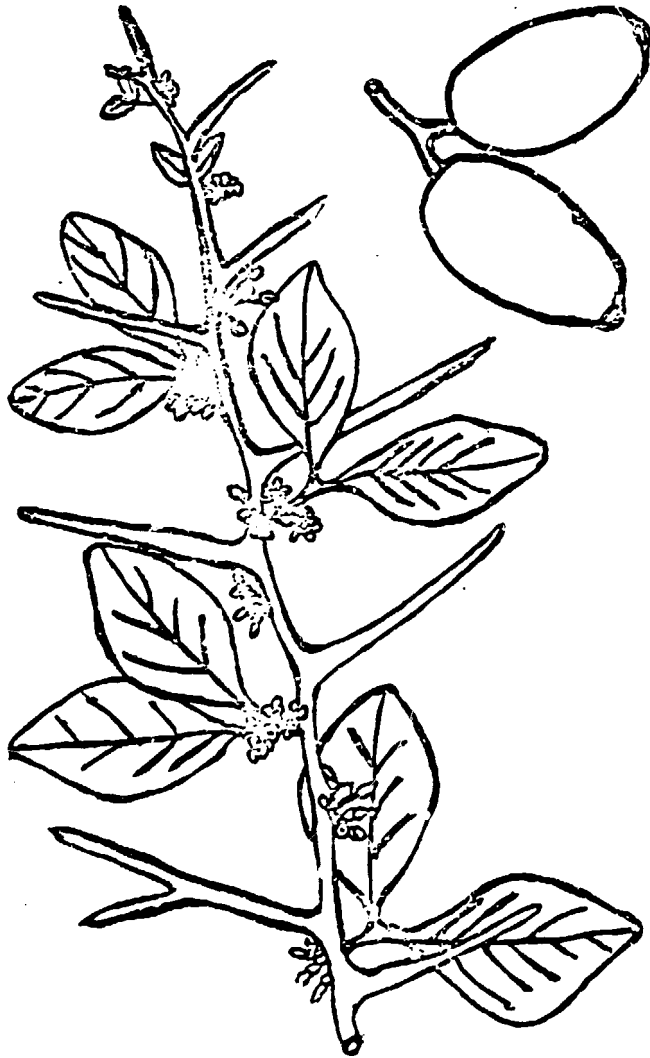
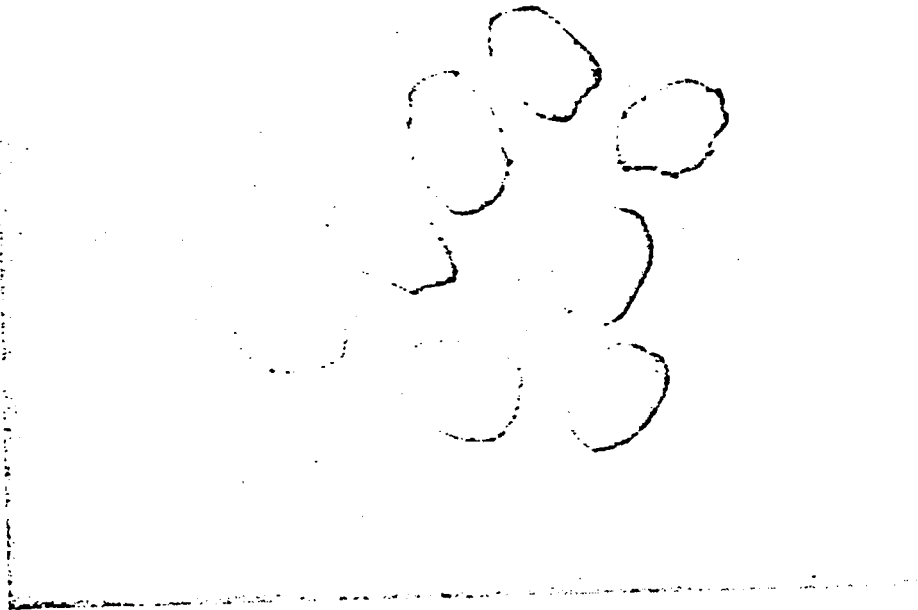
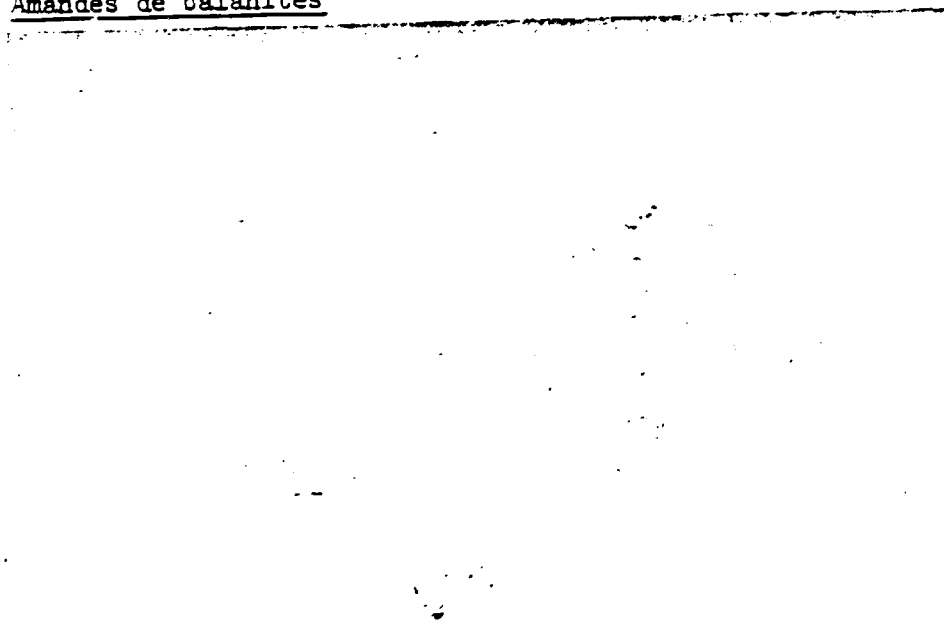


Figure 1.3.b.

Fruit de balanites



Amandes de balanites



balanites peut être brouté par les animaux nomades (moutons, chèvres, chameaux). Sur l'arbre, le fruit peut attirer toutes sortes d'animaux et en particulier les oiseaux. A noter aussi que la graine du fruit peut être occupée par des entomophores. D'une manière générale, la régénération de l'arbre balanites se fait par la propagation des graines, que celle-ci soit due à l'homme ou aux animaux.

1.5 Habitat

L'arbre balanites pousse sur des terrains argileux présentant des fissurations et connaissant des précipitations allant de 500 à 1 000 mm et dans des sols sableux connaissant des précipitations supérieures à 250 mm. On rencontre aussi l'arbre balanites dans des régions arrosées telles que les vallées et les cours d'eau ainsi que dans les terrains argileux et sablonneux durs, notamment sur les pentes situées au bas des collines rocheuses. On le rencontre aussi sur les bords de la mer Rouge.

1.6 Répartition géographique

L'arbre balanites est d'une manière générale associé à Acacia Seyal ou talh que l'on rencontre dans la savane d'Acacia Seyal-Balanites dans la vaste ceinture tropicale de l'Afrique qui s'étend de la Tanzanie à la Côte d'Ivoire et, dans une moindre mesure, en Asie Mineure. Balanites Aegyptiaca est donc un arbre type des pays suivants : Soudan, Gambie, Tchad, Nigéria, Tanzanie, Haute-Volta, Guinée du Nord, Côte d'Ivoire, Sénégal, Kenya et Ouganda.

Au Soudan, on rencontre essentiellement l'arbre balanites dans les provinces de Darfour, de Kordofan, du Nil Bleu et de Kassala.

1.7 Utilisation

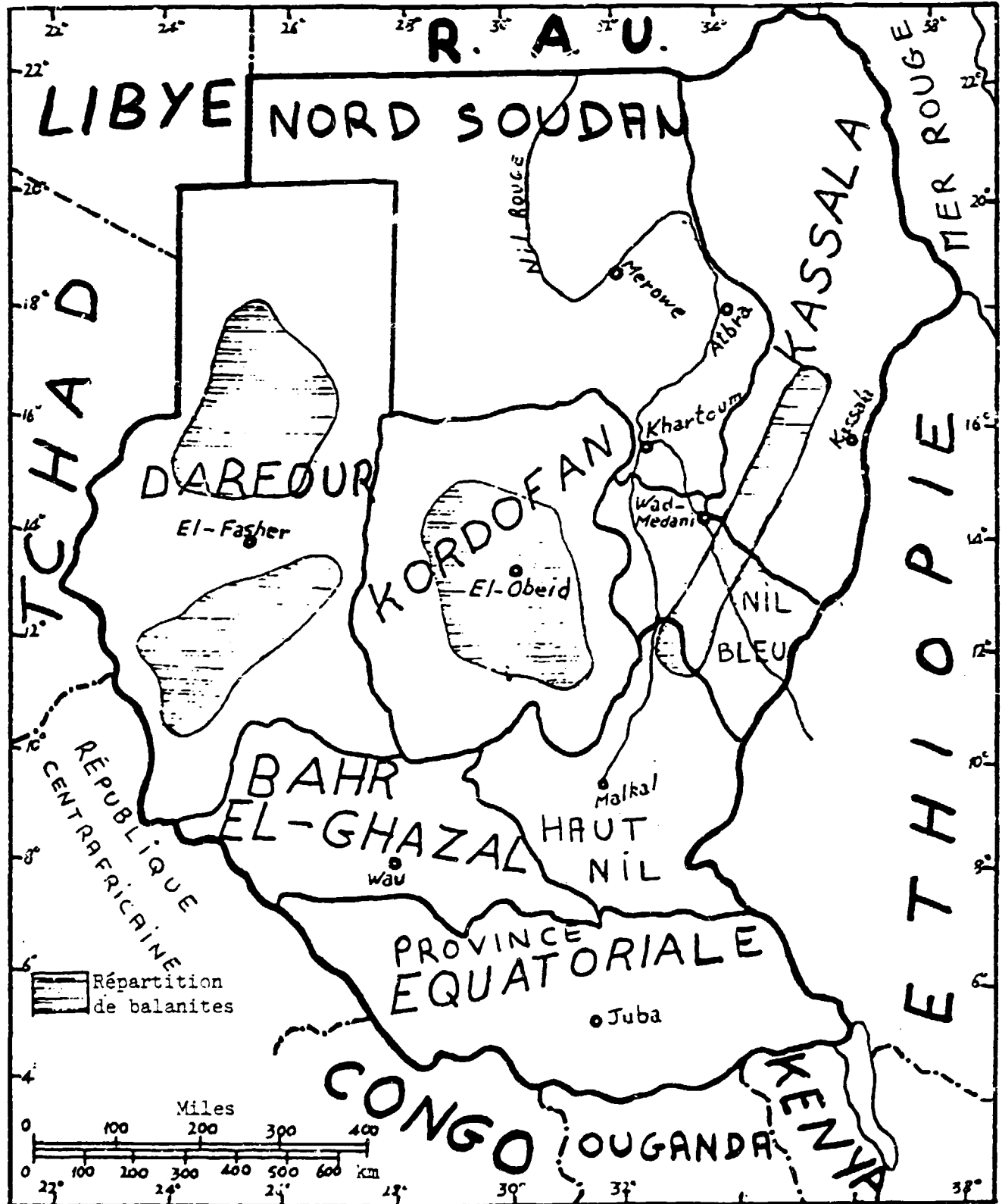
Le fruit de balanites, connu en Arabe sous le nom de lalobe, est également appelé, au Soudan, la baie heglig. L'appellation "datte du désert" est réservée au fruit sec et le nom myro-balan égyptien au fruit non parvenu à maturité.

Le fruit de balanites entre dans l'alimentation des tribus Madi, Acholi, et des populations nilotiques. Les écoliers sucent le lalobe comme un bonbon. En médecine traditionnelle, on utilise une décoction aqueuse de ce fruit comme purgatif ou comme vermifuge ou dans le traitement des troubles de l'estomac. Au Nigéria, le fruit entre dans la préparation d'une boisson et parfois d'un alcool. En Ouganda, une infusion très concentrée du fruit est utilisée comme stupéfiant pour le poisson.

L'huile de l'amande du fruit est utilisée en cuisine par les villageois et parfois dans le traitement des maladies de la peau.

Figure 1.6

Répartition de l'arbre balanites dans les provinces du Soudan



Le bois de l'arbre balanites est un bois compact à grain fin, facile à travailler et à raboter; il résiste par ailleurs à l'attaque des insectes.

1.8 Ressources naturelles de fruits de balanites au Soudan

Au Soudan, on rencontre essentiellement l'arbre balanites (heglig) dans les provinces de Darfour, de Kordofan, du Nil Bleu et de Kassala. On estime que Balanites Aegyptiaca représente jusqu'à un tiers de l'ensemble des arbres de ces régions.

Il ressort d'une étude préliminaire faite en 1979 qu'environ 36 000 hectares de la province du Nil Bleu sont recouverts d'heglig à raison d'une densité moyenne de 30 arbres mûres par hectare, ce qui représente environ, pour la région, 2 millions d'arbres capables de donner au minimum 100 000 tonnes de fruits de lalobe par an. On estime néanmoins que l'ensemble des ressources naturelles de fruits de lalobe au Soudan est supérieur à 400 000 tonnes par an au prix estimatif de 30 à 80 dollars la tonne. Deux pour cent seulement de ces ressources estimatives de lalobe sont en fait commercialisés au Soudan (9).

Si l'on se fonde sur l'estimation précédente (400 000 tonnes de lalobe par an) et sur l'hypothèse que le fruit du lalobe produit 10 % de son poids en amande, on peut alors estimer que les ressources naturelles de balanites disponibles au Soudan peuvent permettre d'obtenir au minimum 40 000 tonnes d'amandes de balanites par an pour un prix estimatif de 400 à 500 dollars la tonne.

1.9 Espèces africaines de fruits de balanites (41)

Il existe 25 espèces du genre balanites, dont quatre sont connues comme étant des espèces indigènes africaines, en l'occurrence :

Balanites Aegyptiaca (L) Del. ou Balanites Roxburghii Planch. Il s'agit d'un arbre commun de la savane poussant dans les régions sèches d'Afrique, en Birmanie et en Inde; il atteint de 4,5 à 6 m, rarement 10 m, et ses épines sont simples, rarement fourchues; leur fruit mesure de 2,5 à 4 cm de long et environ 1,5 cm de diamètre.

Balanites Wilsoniana Dawe et Sprague. Il s'agit d'un arbre de forêt caduc qui pousse en Afrique de l'Ouest et qui atteint une hauteur de 40 m; ses épines sont fourchues ou rarement simples et son fruit mesure de 4 à 7 cm de long et 3 à 6 cm de diamètre.

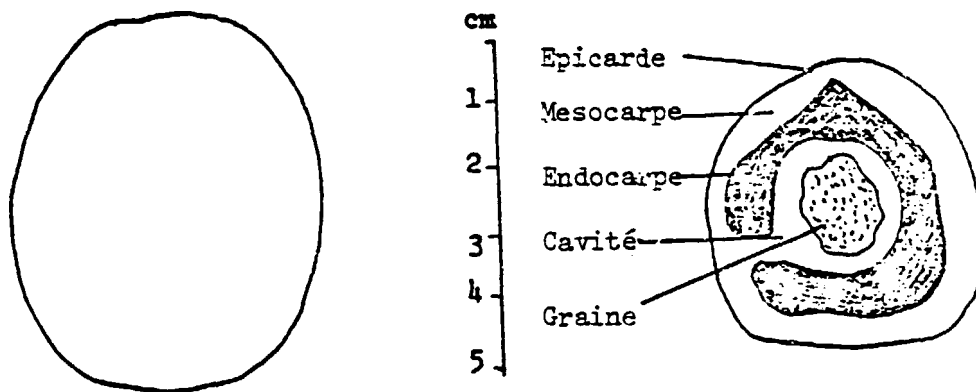
Balanites Orbicularis Sprague. Il s'agit d'un arbustre ou d'un petit arbre commun qui pousse en Afrique de l'Est et qui atteint une hauteur de 4,5 m; il a des épines à plusieurs tiges, droites et grasses, et son fruit mesure de 2,5 à 3 cm de long et de 1,2 à 1,5 cm de diamètre.

Balanites Pedicellaris Mildbr et Schlecht. Il s'agit d'un arbustre ou d'un petit arbre de la savane à forte densité qui atteint une hauteur de 4,5 m et dont les épines sont droites, grasses et aiguisées; son fruit mesure jusqu'à 2 cm de long et environ 1,2 cm de diamètre.

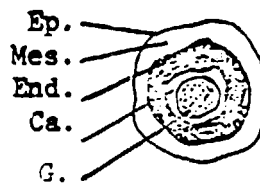
La figure 1.9 montre le fruit des espèces susmentionnées et leur coupe transversale.

Figure 1.9

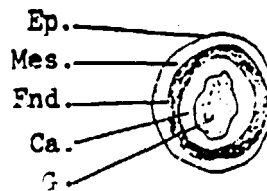
Fruit de balanites des espèces africaines :
fruit entier et coupe transversale



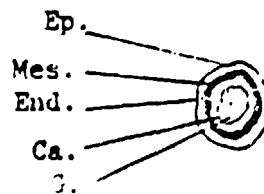
Balanites Wilsoniana



B. Aegyptiaca



B. Orbicularis



B. Pedicellaris

Chapitre 2

COMPOSANTS CHIMIQUES DU FRUIT DE BALANITES AEGYPTIACA

2.1 Composition du fruit de balanites

Le fruit de *Balanites aegyptiaca* pèse entre 10 et 15 g. La composition moyenne approximative, exprimée en pourcentage de poids, des diverses parties du fruit est la suivante :

Epicarpe (peau extérieure)	5 à 9
Mésocarpe (paroi molle du fruit ou pulpe)	28 à 33
Endocarpe (coque dure et ligneuse)	49 à 54
Amande (graine oléagineuse)	8 à 12

Ces valeurs sont cependant sujettes à variation, pour une espèce donnée, selon les zones géographiques. Le tableau 2.1 indique la composition approximative des fruits de *Balanites aegyptiaca* provenant de diverses sources soudanaises.

Tableau 2.1

Composition approximative des fruits de balanites provenant de diverses sources soudanaises. Pourcentages en poids

<u>Source</u>	<u>Composition</u>			
	<u>Epicarpe</u>	<u>Mésocarpe</u>	<u>Endocarpe</u>	<u>Amande</u>
1. Elobeid	4,6	33,0	53,7	7,9
2. Kassala	7,9	28,0	51,4	11,5
3. Elrosseires	8,2	30,5	50,3	10,2
4. Wad El Nail	9,3	31,0	48,9	9,8

2.2 Composants chimiques du fruit de balanites (d'origine soudanaise)

La peau extérieure (épicarpe) du fruit de balanites recouvre une paroi molle, comestible et sucrée (mésocarpe) qui est composée principalement de sucres, à savoir de glucose, de fructose et de sucrose; les glucides totaux représentent de 64 à 72 % du poids. De plus, le mésocarpe comprend des saponines stéroïdales qui, après hydrolyse, donnent près de 4 % (en poids) de yamogénine/diosgénine; le mésocarpe contient également des quantités significatives de protéines brutes (de 3,2 à 6,6 % en poids); de fibres brutes (de 0,9 à 1,6 % en poids) et de vitamine C (de 12 à 27 mg par 100 g) . Le mésocarpe entoure un noyau dur

et ligneux (endocarpe), de texture fibreuse, principalement cellulosique, qui ne contient pas de saponines. Au coeur de l'endocarpe se trouve une graine oléagineuse (amande) de forme allongée et ovale, composée principalement d'huile fixe (de 44 à 51 % en poids). L'amande comprend en outre des protéines brutes (de 26 à 30 % en poids), des saponines stéroïdales qui, après hydrolyse, peuvent donner 2 %, en poids de diosgénine/yamogénine, ainsi que des fibres brutes (de 2,4 à 3,3 % en poids).

Le tableau 2.2.1 donne la composition chimique approximative de quatre échantillons de fruit de balanites provenant de diverses sources soudanaises. Le tableau 2.2.2 donne la composition chimique composée de diverses graines oléagineuses.

2.3 Teneur en protéines du fruit de balanites

La protéine la plus exploitable du fruit de balanites se trouve dans l'amande : les protéines brutes s'y chiffrent à 26-30 % en poids, leur teneur dans la pulpe étant relativement faible (3,2-6,6 % en poids). Le tableau 2.3.1 (1, 25, 32) donne la teneur en amino-acides de l'amande de balanites et de certaines autres graines oléagineuses.

2.4 Teneur en huile du fruit de balanites

L'huile contenue dans l'amande de balanites (44-51 % en poids) est d'un jaune doré et d'une odeur et d'un goût acceptables. Elle se caractérise par une stabilité élevée à l'auto-oxydation. Les composants de cette huile sont principalement des triglycérides, avec de petites quantités de diglycérides, de phytostérols, d'esters stérols et de tocophérols (30). Le tableau 2.4.1 (1, 25, 32) donne la teneur en acides gras de l'huile d'amande de balanites ainsi que d'autres huiles végétales.

2.5 Sucres de balanites

Les sucres sont les principaux composants des glucides totaux du fruit de balanites : le mésocarpe en compte de 64 à 72 % en poids. Ces sucres constituent, en poids, 56,65 % des sucres simples totaux du mésocarpe. Le sucrose ne représente que 0,57 % en poids et le reste (c'est-à-dire 56,08 % en poids) est constitué par des sucres simples réducteurs, à savoir du glucose et du fructose.

Tableau 2.2.1

Composants chimiques des fruits de balanites provenant de diverses sources soudanaises (% en poids)

	<u>Région d'El-Obeid</u>		<u>Région de Kassala</u>		<u>Région d'Elrosseires</u>		<u>Région de Wadelnail</u>	
	<u>Pulpe</u>	<u>Amande</u>	<u>Pulpe</u>	<u>Amande</u>	<u>Pulpe</u>	<u>Amande</u>	<u>Pulpe</u>	<u>Amande</u>
Teneur en eau	24,6	4,5	17,9	3,5	18,7	3,8	19,7	3,9
Cendres	5,3	2,9	5,4	2,8	6,9	3,1	5,5	3,3
Protéines brutes	6,6	28,5	4,8	29,9	4,9	26,4	3,2	27,1
Matières grasses	0,1	48,3	0,1	46,0	0,1	50,6	0,7	50,4
Glucides	1,6	3,3	0,9	2,4	1,6	2,9	4,4	3,2
Totaux	63,6	15,8	72,0	17,9	69,5	16,4	71,0	15,4
Diosgénine/Yamogénine	3,7	2,0	3,8	2,3	4,1	2,0	3,3	1,8
Vitamine C	0,02	-	0,01	-	0,02	-	0,02	-

Tableau 2.2.2

Composition comparée de certaines graines oléagineuses, dont les amandes de balanites - pourcentages en poids

<u>Graine oléagineuse</u>	<u>Protéinos brutes</u>	<u>Matières grasses</u>	<u>Fibres brutes</u>	<u>Cendres</u>
1. Amande de balanites	26,4 - 29,9	46,0 - 50,6	2,4 - 3,3	2,8 - 3,3
2. Graine de sésame	25,0	50,0	4,0	5,0
3. Fèves de soja	42,0	20,0	5,0	-
4. Arachide	19,0	48,0	2,8 - 3,0	2,5 - 3,0
5. Graine de coton	21,0	19,0	10,0	4,4
6. Graine de tournesol	13,6	39,6	14,4	3,5

Tableau 2.3.1

Teneur en amino-acides de certaines graines oléagineuses
dont les amandes de balanites, mg/g d'azote

<u>Amino-acide</u>	<u>Amandes de balanites</u>	<u>Fève de soja</u>	<u>Arachide</u>	<u>Sésame</u>	<u>Graine de coton</u>	<u>Graine de tournesol</u>
Alanine	100	266	243	282	254	263
Arginine	394	452	697	756	700	499
Acide aspartique	1200	731	712	513	586	579
Cystine + Cysteine	106	83	78	113	97	93
Acide glutamique	1520	1169	1141	1213	1249	1365
Glycocolle	1106	261	349	305	264	338
Histidine	119	158	148	153	170	145
Isoleucine	256	284	211	226	206	267
Leucine	331	486	400	419	370	401
Lysine	319	399	221	171	276	225
Méthionine	94	79	72	176	81	119
Phénylalanine	194	309	311	277	326	278
Proline	113	343	272	231	236	279
Sérine	525	320	299	291	277	270
Thréonine	100	241	163	223	206	230
Tryptophanine	63	80	65	84	78	85
Tyrosine	113	196	244	195	180	118
Valine	263	300	261	288	290	317

Tableau 2.4.1

Teneur comparée en acide gras de certaines huiles végétales,
dont l'huile de balanites, pourcentages en poids

	<u>Acide</u> <u>palmitique</u>	<u>Acide</u> <u>stéarique</u>	<u>Acide</u> <u>oléique</u>	<u>Acide</u> <u>linoléique</u>
Amande de balanites*	10 - 12	9 - 10	30 - 40	40 - 48
Fève de soja ^{+x}	7 - 11	2 - 6	15 - 33	43 - 56
Graine de sésame ⁺	7 - 9	4 - 5	37 - 49	35 - 47
Arachide ⁺	6 - 9	3 - 6	53 - 71	13 - 27
Graine de coton ⁺	20 - 23	1 - 3	23 - 35	42 - 54
Tournesol ⁺	3 - 6	1 - 3	14 - 43	44 - 57

* Données tirées de l'analyse de l'huile raffinée de balanites :

Source : IRCI, Khartoum, Soudan.

+ Données tirées des normes de l'AACS.

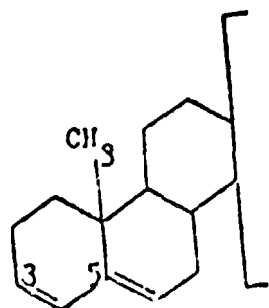
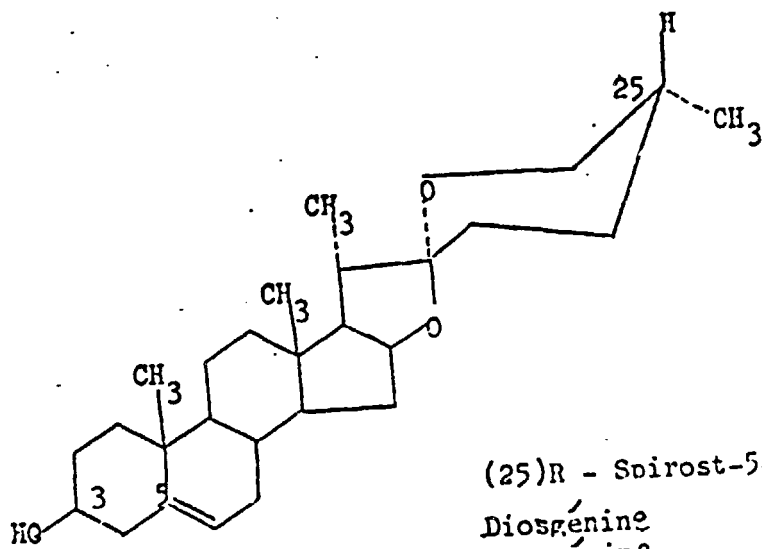
x Teneur linoléique = 5 à 11 % en poids.

2.6 Saponines et sapogénines de balanites (6, 15, 18, 19, 20, 21, 29, 37, 38, 46)

Les saponines de balanites sont un mélange de substances jaunâtres amorphes et hygroscopiques, d'un poids moléculaire > 860 , et d'un goût très amer. Comme il s'agit de saponines stéroïdales, elles sont principalement composées de triglycosides de la sapogénine stéroïdale, diosgénine/yamogénine, d'un poids moléculaire de 414,61. Ces substances constituent près de 8 %, en poids, du mésocarpe et près de 4 %, en poids, de l'amande. Après hydrolyse, acide ou enzymatique, les saponines stéroïdales donnent en principe environ 48 %, en poids, de sapogénines stéroïdales. La teneur en sapogénine stéroïdale du mésocarpe de balanites peut s'élever à 4 % et à 2 %, en poids, pour ce qui est de l'amande. Ces sapogénines stéroïdales sont principalement le mélange de deux formes épimères : 25α et 25β - spirost - 5-en 3β - ol, avec des traces de composés déhydrogénés épimériques, vraisemblablement eux-mêmes composés de spirostadiènes. Dans le mésocarpe de balanites, le principal épimère de sapogénine est la yamogénine : 25β - spirost - 5 - en 3β - ol, qui représente à peu près 2 : 1 de l'autre épimère (la diosgénine : 25 - spirost - 5 en - 3β - ol). En revanche, dans l'amande de balanites, la principale sapogénine est la diosgénine (épimère) qui représente près de 7 : 3 de l'autre épimère, à savoir la yamogénine.

Figure 2.6.

Sapogénines stéroïdales de balanites



Spirostadiène
(Composé déhydrogénisé)

Chapitre 3

PRODUITS INTERMEDIAIRES DU FRUIT DU BALANITES

Etant surtout composé d'hydrates de carbone sous forme de sucres libres, le mésocarpe du fruit du balanites peut facilement être ramolli par trempage dans l'eau et transformé en une bouillie. Séché et craqué, le noyau dur restant libre l'amande oléagineuse et l'on sépare ensuite celle-ci de la coque ligneuse. Le mésocarpe contient en abondance des hydrates de carbone fermentescibles et des sapogénines stéroïdes; l'amande contient des huiles et des protéines végétales; la coque ligneuse dure est constituée surtout par de la cellulose et peut servir de combustible (figure 3).

3.1 Séparation du mésocarpe

Les fruits entiers du balanites sont placés dans un récipient, de préférence un baril en bois, que l'on remplit jusqu'au quart ou presque de sa capacité et l'on ajoute ensuite de l'eau de façon à remplir le baril aux trois quarts. On laisse tremper les fruits jusqu'au lendemain, c'est-à-dire pendant 18 heures environ, puis l'on brasse, soit manuellement avec un bâton de bois dur, soit mécaniquement, pendant un certain temps : une demi-heure à deux heures suivant la capacité du baril et le mode de brassage. Le mélange brassé est alors passé sur un tamis dont les mailles sont assez étroites pour retenir les noyaux (le diamètre des mailles varie entre 0,8 et 1 cm). Les noyaux sont lavés et séchés en plein air, à une température de 18° à 39°C, pendant au moins 72 heures, ou bien à l'air chaud, à 60°C, pendant 18 heures. La pulpe tamisée et les eaux de lavage produisent par fermentation de l'éthanol, ou des protéines de levure et des sapogénines stéroïdes.

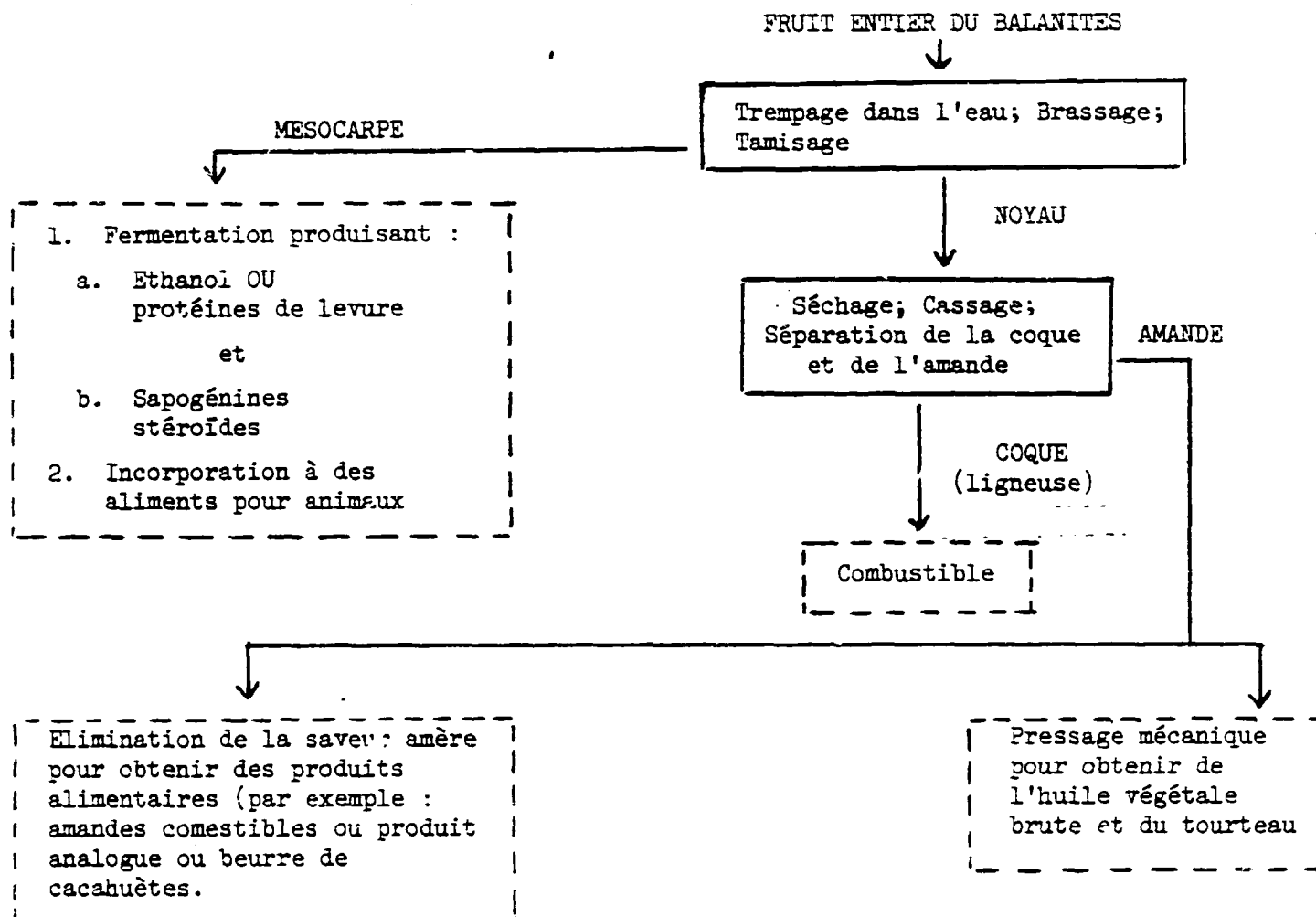
Mélangée à d'autres substances, la pulpe en bouillie peut aussi être utilisée pour l'alimentation animale. Lorsqu'il faut transporter la pulpe vers d'autres installations industrielles, on l'évapore jusqu'à ce qu'elle devienne semi-solide.

3.2 Séparation de l'amande

Après séchage, les noyaux sont cassés soit manuellement par écrasement entre deux pierres, soit mécaniquement au moyen d'un broyeur à machoires ou d'un cylindre cannelé. Les amandes sont alors séparées des coques ligneuses soit manuellement, soit mécaniquement par centrifugation puis passage à travers un tamis à mailles de 0,25 cm de diamètre.

Figure 3

Traitement du fruit du balanites



Les amandes sont soit traitées pour donner des produits alimentaires, soit pressées mécaniquement pour produire une huile végétale brute et du tourteau. Les coques en bois sont utilisées comme combustible.

3.3 Pressage mécanique des amandes de balanites

A titre expérimental, on a pressé mécaniquement trois tonnes d'amandes crues de balanites pour obtenir de l'huile brute et du tourteau. Le pressage des amandes a été effectué dans des extracteurs Rosedown Maxoil Duplex. Les meilleurs résultats ont été obtenus par le processus suivant : cuisson des amandes entières pendant 25 minutes au total, puis pressage unique à haute pression. Le rendement en huile a été de 36,5 % en poids, avec une perte industrielle de 3 %, et il y avait 11,2 % d'huile résiduelle dans le tourteau. L'huile brute produite contenait peu de substances étrangères : 3 % en poids, l'huile brute filtrée avait une teneur très élevée en huile neutre : 99,1 % en poids, ce qui indiquait que les pertes au raffinage seraient très faibles. Le tourteau d'amande contenait beaucoup de protéines : 47,7 % en poids, et peu de matières celluloses : 5,0 %, ce qui en ferait un assez bon produit pour l'alimentation animale.

3.3.1 Matière première : Amandes de balanites

Les amandes fraîches entières de balanites* venaient de la région du Nil Bleu au Soudan, elles coûtaient 45 LS** le sac de 70 à 80 kg. Ces amandes étaient assez propres puisque la teneur moyenne en impuretés ne dépassait pas 1 % en poids. L'amande entière pesait en moyenne 0,9 g et mesurait en moyenne 0,8 cm de large et 2,1 cm de long. La teneur en huile des amandes fraîches variait entre 46,0 et 50,6 % en poids, la teneur en protéines entre 26,4 et 30 % et la teneur en humidité entre 2,3 et 4,5 %.

3.3.2 Traitement expérimental de l'amande de balanites

Il s'agissait de la première expérimentation d'un traitement mécanique de l'amande de balanites permettant d'obtenir de l'huile et du tourteau. Après avoir passé en revue la plupart des graines oléagineuses (soja, arachide,

* Dans certaines régions rurales du Soudan, on casse souvent les noyaux de balanites à la main et on vend les amandes entières.

** Prix auquel le négociant les a vendues à l'IRCI. Le prix commercial de gros va de 26 à 31 LS (livres soudanaises) le sac.

sésame, etc.), on a constaté que l'arachide était celle qui ressemblait le plus à l'amande de balanites, par la teneur en huile, la forme et, dans une certaine mesure la taille.

Le test de dureté, effectué suivant la méthode Shore A⁽⁴⁹⁾ pour les amandes de balanites et les graines d'arachide, a montré qu'il n'y avait pas beaucoup de différence de dureté entre ces deux graines (voir tableau 3.3.2). Compte tenu de ces propriétés communes, on a utilisé pour le traitement des amandes de balanites un procédé analogue à celui employé en général pour le traitement des graines d'arachide^(14,36).

Tableau 3.3.2

Propriétés comparées de l'amande de balanites et de la graine d'arachide

<u>Composition/propriété</u>		<u>Amande de balanites</u>	<u>Graines d'arachide</u>
Teneur en humidité	% en poids	2,3 - 4,5	3,9
Protéines brutes	% en poids	26,4 - 29,9	19,0
Graisse	% en poids	46,0 - 50,6	48,0
Matières cellulosiques	% en poids	2,4 - 3,3	2,8 - 3,0
Cendres	% en poids	2,8 - 3,3	2,5 - 3,0
Dureté moyenne, graine entière		83,44	78,04

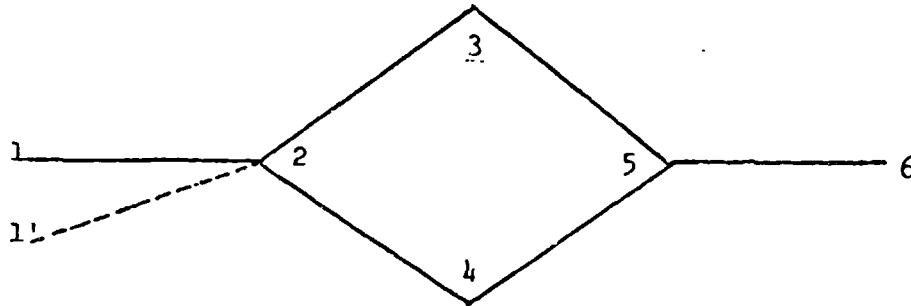
3.3.2.1 Essais expérimentaux préliminaires de traitement (pressage mécanique) d'amandes de balanites

Afin de déterminer le meilleur processus à suivre pour traiter les amandes de balanites en vue d'obtenir de l'huile et du tourteau, on a effectué plusieurs essais en accordant une importance spéciale aux paramètres suivants :

- Effet de la réduction de la dimension (c'est-à-dire du prétraitement) sur l'ensemble du processus
- Conditionnement rapide à température élevée
- Effet de la cuisson à une température allant de 85 à 120°C
- Effet de la durée totale de la cuisson et de la durée de l'étuvage direct

Les amandes entières de balanites, non prétraitées, sont soumises à divers modes de conditionnement thermique dans le cuiseur (températures variées et durées de cuisson variées). La teneur en humidité des amandes, avant et après cuisson, est notée. Différentes méthodes sont utilisées ensuite pour presser les amandes cuites (pressage unique à haute pression et double pressage) afin de voir l'effet sur le rendement en huile. Après le pressage, on laisse décanter l'huile dans

des cuves et on analyse des parties aliquotes de l'huile pour déterminer ses propriétés. Les amandes de balanites prétraitées, c'est-à-dire écrasées avec un moulin à marteaux en particules mesurant en moyenne 2 mm, sont soumises aux mêmes essais de cuisson et de pressage que les amandes non prétraitées. L'ensemble du processus expérimental est schématisé ci-dessous



- 1 - Amandes de balanites, non prétraitées
- 1' - Amandes de balanites prétraitées, c'est-à-dire écrasées avec un moulin à marteaux
- 2 - Conditionnement thermique :
 - Température de cuisson
 - Teneur en humidité avant cuisson
 - Teneur en humidité après cuisson
 - Temps de cuisson
- 3 - Pressage : haute pression, pressage unique
- 4 - Pressage : double pressage
- 5 - Rendement en huile "quantité"
- 6 - Dépôt et filtration

Tous les essais expérimentaux ont été effectués dans un extracteur Rosedwon Maxoil d'une capacité de 3 à 5 tonnes par jour⁽³³⁾. 70 kg d'amandes de balanites ont été utilisés pour chaque essai. Pour réduire la dimension des amandes, on a utilisé un moulin à marteaux de fabrication locale. La dimension moyenne des amandes de balanites écrasées était 2 mm. La teneur en humidité au bec de descente pendant le traitement a été mesurée à une température de 107°C. Les résultats des essais ci-dessus sont donnés dans le tableau 3.3.2.1. Ces essais ont été effectués sur des quantités relativement faibles (70 kg pour chaque essai). Avec des extracteurs fonctionnant à pleine capacité, les résultats devraient être analogues à ceux obtenus en traitant d'autres graines oléagineuses.

Tableau 3.3.2.1.

Résultats des essais expérimentaux préliminaires de traitement des amandes de balanites

Facteurs	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Essai 4	Essai 5	Essai 6	Essai 7	Essai 8
I. ETAT INITIAL DE L'AMANDE								
i. Teneur en humidité (% en poids)	2,5	2,1	2,5	2,5	2,5	2,5	2,7	2,0
II. PRETRAITEMENT DE L'AMANDE								
i. Réduction de la dimension (RD)	1,9 mm	pas de RD	pas de RD	pas de RD	pas de RD	pas de RD	pas de RD	pas de RD
III. CUISSON DE L'AMANDE								
i. Température de cuisson (°C)	120	120	90-102	90-105	90-105	88-90	80	85-90
ii. Durée totale de cuisson (minute)	15	30	50	35	35	15	25	25
iii. Durée de l'étuvage direct (seconde)	20	300	1 200	300	300	30	10	10
iv. Teneur en humidité au bec	2,7	3,0	7,0	3,5	3,5	3,0	2,0	2,5
IV. PRESSAGE DE L'AMANDE								
i. Débit d'alimentation (kg/minute)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
ii. Caractéristiques du tourteau	SBC	FLB	GREH	Elastique	Elastique	Normal	Normal	Normal
iii. Epaisseur du tourteau (millimètre)	-	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
iv. Huile résiduelle dans le tourteau (% en poids)	-	12,0	40,0	17,2	11,2	12,1	13,4	11,2
v. Teneur en humidité du tourteau (% en poids)	-	3,0	8,0	4,0	4,5	4,0	4,0	3,0
V. CARACTERISTIQUES DE L'HUILE								
i. Couleur	-	J35,R5,BO	J35,R3,BO	J35,R3,BO	J35,R3,BO	J35,R3,BO	J35,R2,BO	J35,F3,BO
ii. Indice de réfraction (20/20°C)	-	1,4469	1,4468	--	1,468	1,4468	1,4468	1,4469
VI. OBSERVATIONS								
	HPPU	Pressage unique	Pressage unique	Pressage unique	HPPU	Double pressage	Double pressage	HPPU

Abréviations : SBC = Semblable au beurre de cacahuète, FLB = Foncé, légèrement brûlé, GREH = Granuleux, riche en huile.
HPPU = Haute pression, pressage unique

* Cuiseur supérieur 100 livres par pouce carré (= 7,03 kg par cm²)
Cuiseur inférieur 120 livres par pouce carré (= 8,43 kg par cm²)

3.3.2.2. Traitement final des amandes de balanites

A la suite des essais expérimentaux préliminaires de traitement des amandes de balanites, la réduction de dimension a été écartée et le traitement final a grande échelle a été effectué dans les conditions suivantes :

- i. Température de cuisson :

Cuiseur supérieur	80 - 85°C
Cuiseur inférieur	95 - 98°C

- ii. Pression de la vapeur

Cuiseur supérieur	100 livres par pouce carré (= 7,03 kg par cm ²)
Cuiseur inférieur	120 livres par pouce carré (= 8,43 kg par cm ²)

- iii. Durée totale de cuisson 25 minutes

Le pressage a été effectué dans trois extracteurs Rosedown Maxoil Duplex (modèle à longue cage)⁽³⁴⁾, dans les conditions suivantes : haute pression 40, consommation de vapeur 400 lb/hr (181 kg/hr) à 100 lb/sq.in. (8,43 kg par cm²). L'huile brute a été recueillie dans une cuve souterraine dont les dimensions étaient les suivantes : 1,2 x 1,2 x 1,5 m. On a laissé décanter l'huile dans la cuve pendant 24 heures avant de la verser dans des bidons en plastique d'une capacité de 4 gallons chacun. Le tourteau a été transporté mécaniquement jusqu'à l'atelier de tourteau où il a été emballé dans des sacs de jute.

La figure 3.3.2.2. est le schéma des opérations de traitement mécanique de l'amande de balanites. La figure 3.3.2.2.a. montre le bilan matière pendant le traitement des amandes de balanites. Le tableau 3.3.2.2. récapitule les données relatives aux opérations de traitement.

Figure 3.3.2.2

Schéma des opérations de traitement mécanique des amandes de balanites

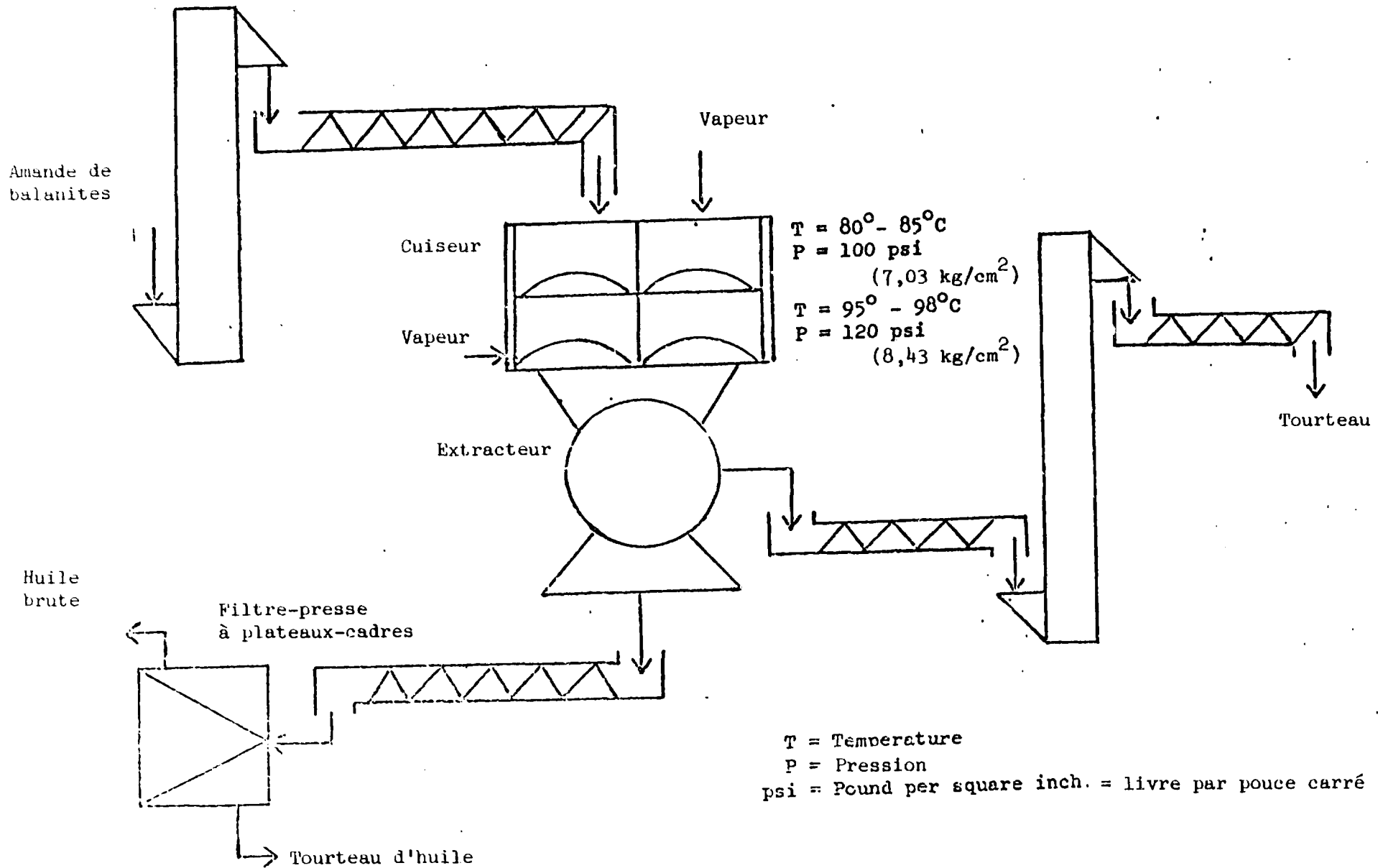


Figure 3.3.2.2.a

Bilan matière pendant le traitement des amandes de balanites

Base : 1 heure

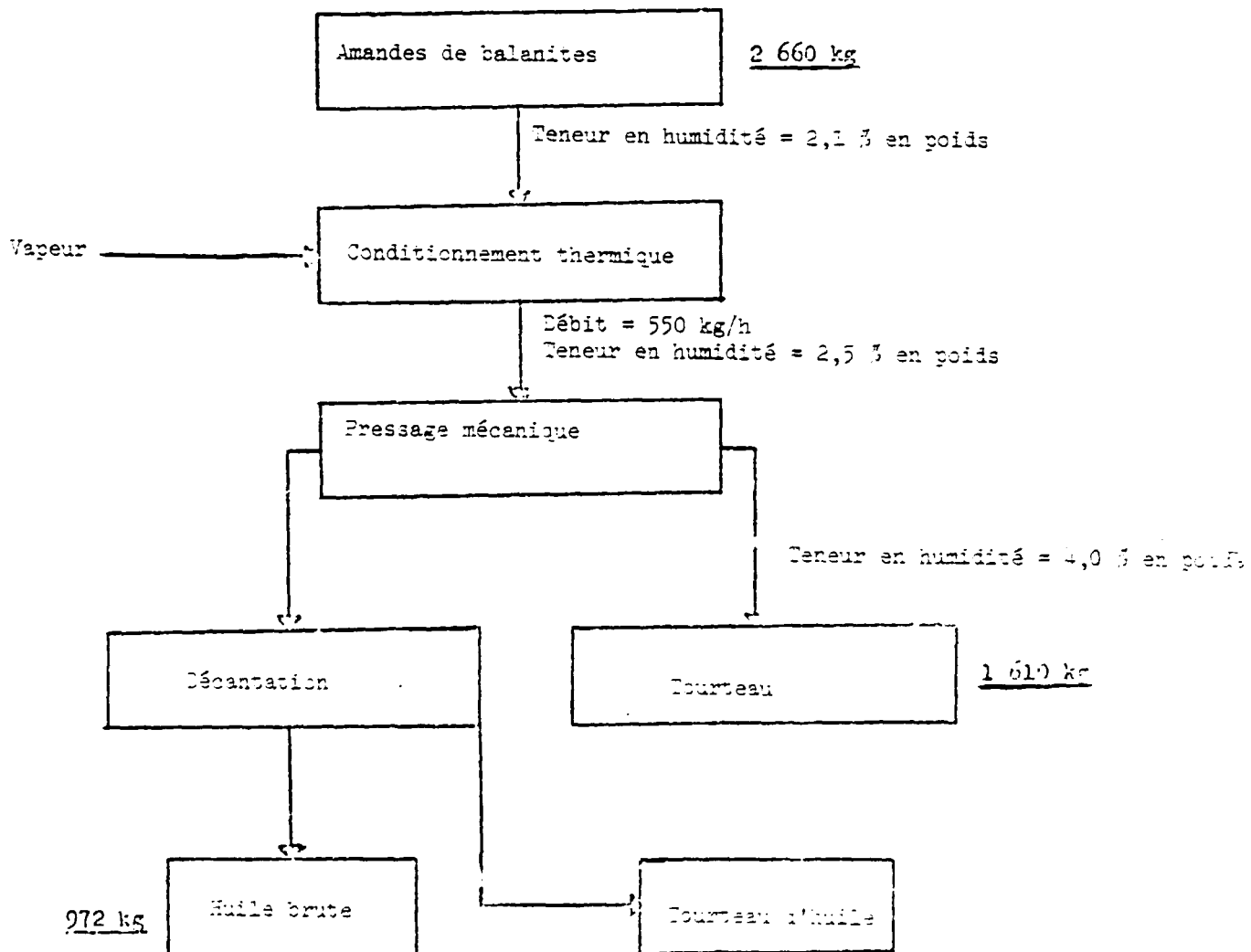


Tableau 3.3.2.2.

Données relatives au traitement des amandes de balanites

I. RESULTATS :

i. Teneur initiale en humidité (% en poids)	2,1
ii. Teneur en humidité au bec de descente (% en poids)	2,5
iii. Débit du tourteau cuit (kg/h)	550,0
iv. Caractéristiques du tourteau : sec et de couleur claire	
v. Teneur en huile du tourteau (% en poids)	11,2
vi. Teneur en humidité du tourteau (% en poids)	4,0
vii. Caractéristiques de l'huile : jaune foncé, fluide	
viii. Couleur de l'huile : J35, R3, B0	
ix. Indice de réfraction à 20°/20°C	1,4469

II. BILAN MATIERE

i. Quantité d'amandes de balanites (kg)	2 660,0
ii. Quantité de tourteau produite (kg)	1 610,0
iii. Quantité d'huile brute produite (kg)	972,0
iv. Poids additionnés du tourteau et de l'huile produits (kg)	2 582,0
v. Perte industrielle (kg) i à iv	78,0
vi. Perte industrielle (% en poids)	3,0
vii. Taux de récupération d'huile (% en poids)	36,5
viii. Taux de récupération de tourteau (% en poids)	60,5

III. BILAN HUILE

i. Quantité d'amandes de balanites (kg)	2 660,0
ii. Teneur moyenne en huile (% en poids)	46,0
iii. Quantité totale d'huile dans les amandes (kg)	1 223,6
iv. Quantité de tourteau produite (kg)	1 610,0
v. Huile résiduelle dans le tourteau (% en poids)	11,6
vi. Quantité totale d'huile dans le tourteau (kg)	186,6
vii. Quantité d'huile brute produite (kg)	972,0
viii. Poids additionnés de l'huile brute et de l'huile résiduelle contenue dans le tourteau (kg)	1 158,8
ix. Perte industrielle en poids (kg) iii à viii	64,8
x. Perte industrielle en pourcentage (% en poids)	5,3

3.3.2.3. Composition chimique de l'huile brute de balanites et du tourteau d'amande

Le tableau 3.3.2.3. donne la composition chimique de l'huile brute et du tourteau d'amande obtenus en traitant les amandes de balanites selon le procédé décrit dans la section 3.3.2.2. L'analyse a été faite selon les méthodes officielles et provisoires de l'American Oil Chemist's Society⁽²⁾.

Tableau 3.3.2.3.

Analyse de l'huile brute de balanites et du tourteau d'amande

Composition	Pourcentage en poids
<hr/>	
I. HUILE BRUTE	
i Teneur en humidité	0,6
ii Indice d'acidité	4,1
iii Huile neutre (de l'huile filtrée)	99,1
iv Mucilage et gommés	3,0
II. TOURTEAU D'AMANDE	
i Teneur en humidité	4,0
ii Protéines brutes	47,7
iii Graisse brute	11,6
iv Matières cellulosiques	5,0
v Total cendres	5,4
<hr/>	

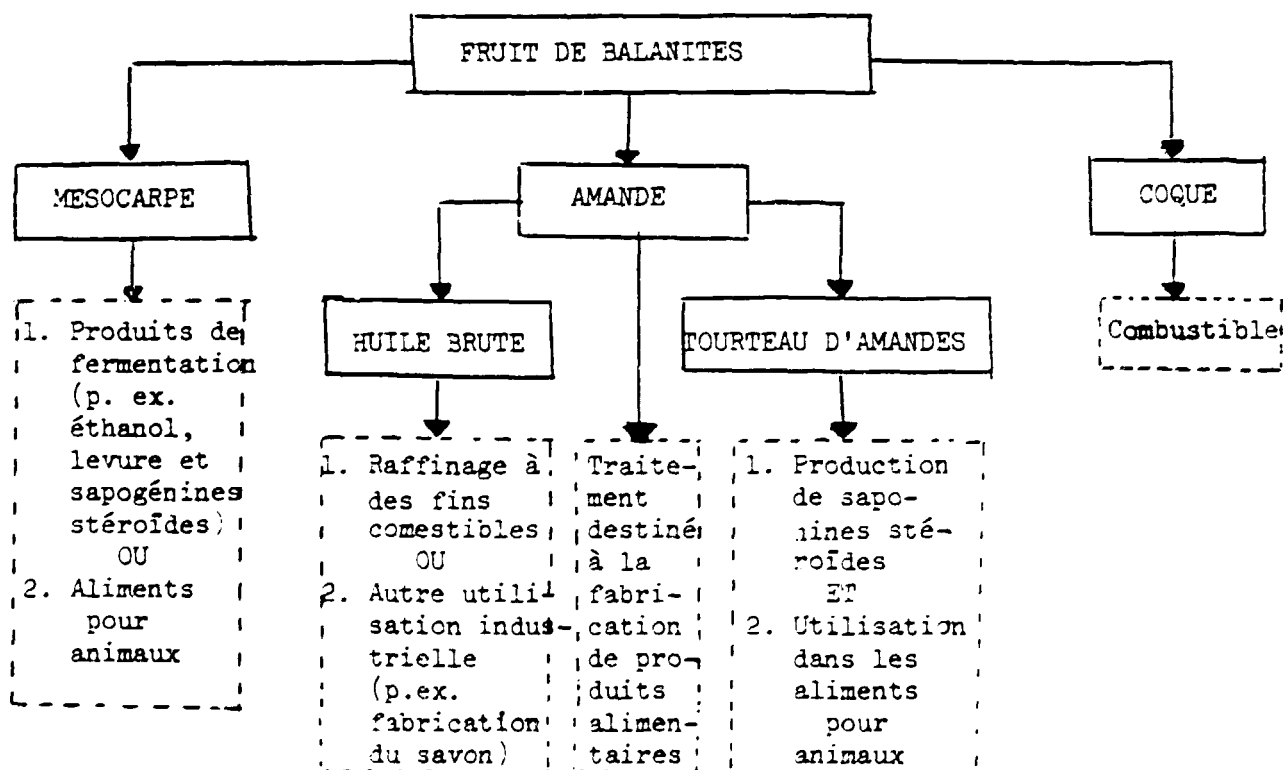
Chapitre 4

TRAITEMENT DES PRODUITS INTERMEDIAIRES DU FRUIT DE BALANITES

On a traité le fruit de balanites afin d'obtenir des produits intermédiaires polyvalents. Le mésocarpe du fruit donne des produits de fermentation (par exemple éthanol) et des sapogénines stéroïdes; il peut être aussi incorporé dans les aliments pour animaux. La coque cellulosique du fruit est une source de combustible. L'amande peut être utilisée comme additif dans les produits alimentaires (par exemple noix comestibles, produits comparables au beurre de cacahouètes). L'huile brute de balanites peut être utilisée pour la fabrication d'huile végétale comestible ou d'autres produits (par exemple, le savon). Le tourteau d'amandes, après extraction de l'huile, est utilisé comme source de protéines et d'hydrates de carbone dans les aliments pour animaux, voir figure 4.

Figure 4

Produits intermédiaires du fruit de balanites



4.1 Traitement du mésocarpe de balanites afin d'obtenir des produits de fermentation et des saponines stéroïdes

Le mésocarpe de balanites, qui constitue 28 à 33 % de l'ensemble du fruit, est riche en sucres fermentescibles (56,65 g pour 100 g), a une teneur importante en protéines (5,56 g pour 100 g) et contient en outre de la vitamine C et un certain nombre de minéraux. Ces constituants nutritifs précieux du mésocarpe font du fruit de balanites une denrée intéressante pour le commerce.

Sur les marchés de l'Afrique de l'Ouest, le fruit de balanites est considéré comme un article de commerce^{13/}. Les enfants sucent le mésocarpe du fruit, consommant jusqu'à 15-20 fruits par jour. Dans les régions où l'arbre balanites pousse à profusion, les chèvres et d'autres ruminants broutent le mésocarpe des fruits. Aucun cas de toxicité n'a jamais été signalé, mais le fruit a des effets anthelmintiques et laxatifs (4,12) (selles légèrement liquides lorsque de grandes quantités sont absorbées). Le mésocarpe de balanites contient aussi des saponines stéroïdes, jusqu'à 8 g pour 100 g, qui pourraient produire l'effet laxatif. Ces saponines donnent, après hydrolyse, des saponines stéroïdes.

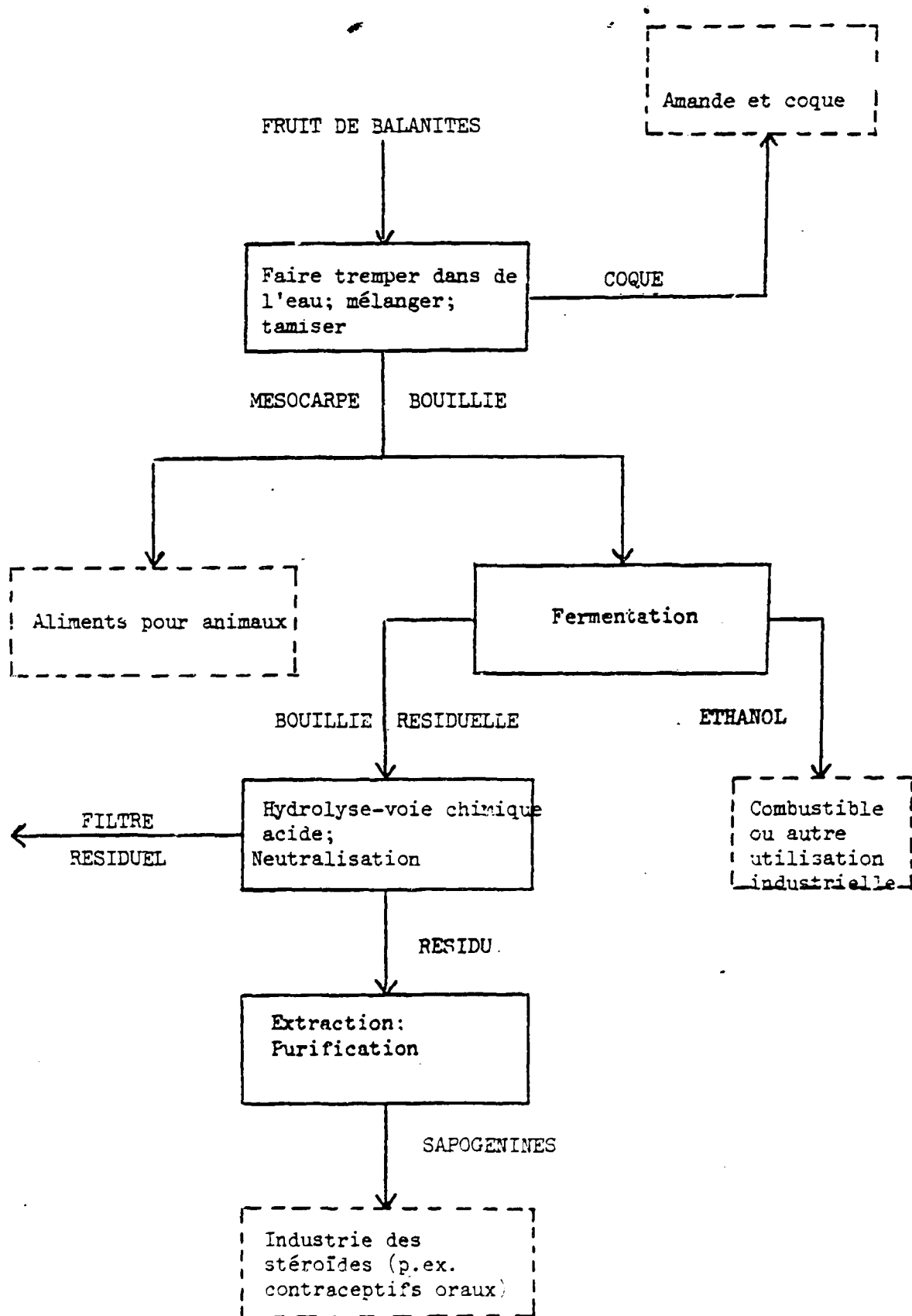
Il n'a pas encore été déterminé si le mésocarpe du fruit de balanites pouvait être consommé directement par l'homme. Il est donc recommandé de procéder à des études biochimiques et des essais de toxicité plus poussés avant d'introduire le mésocarpe de balanites dans l'alimentation.

Néanmoins, le mésocarpe de balanites se prête surtout à la fabrication de produits de fermentation et de saponines stéroïdes, voir figure 4.1.

On sait qu'un certain nombre d'animaux, tels que les chèvres et les chameaux, broutent le mésocarpe de balanites. Des essais biologiques effectués récemment sur des ruminants ont montré que le mésocarpe de balanites n'a pas une toxicité évidente. On peut en conclure que le mésocarpe de balanites pourrait être utilisé dans les aliments pour animaux, au vu, notamment, des résultats prometteurs obtenus à la suite d'essais d'engraissement avec des tourteaux d'amandes de balanites, voir section 5.1. Ainsi, le mésocarpe pourrait être utilisé non seulement pour obtenir des produits de fermentation, mais aussi dans les aliments pour animaux.

Figure 4.1

Diagramme indiquant le traitement du mésocarpe du fruit de balanites



4.1.1 Composition chimique du mésocarpe de Balanites

Du mésocarpe charnu de Balanites, raclé à l'aide d'un couteau tranchant, a été analysé selon les méthodes normalisées AOCS. La teneur en protéines a été déterminée par la méthode Kjeldahl, et la teneur en lipides par extraction à l'aide de l'appareil de Soxhlet. Les sucres réducteurs libres ont été déterminés par la méthode Lane-Ehone⁽²⁷⁾ et le saccharose par la méthode du "réducteur total" après hydrolyse ménagée⁽³¹⁾. Le tableau 4.1.1 indique approximativement les constituants chimiques du mésocarpe de Balanites.

Tableau 4.1.1

Constituants chimiques approximatifs du mésocarpe de Balanites

Constituant	Pourcentage, en poids
1. Teneur en eau	22,32
2. Cendres (sulphatées)	4,85
3. Protéines (brutes)	5,56
4. Lipides (bruts)	0,10
5. Hydrates de carbone (totaux)	65,51
6. Fibres	1,72
7. Vitamine C	0,02
i. Sucres réducteurs totaux	56,65
ii. Sucres réducteurs libres (glucose + fructose)	56,08
iii. Saccharose	0,57

4.1.2 Production d'éthanol par fermentation

La bouillie de mésocarpe (riche en sucres fermentescibles) est diluée jusqu'à ne contenir plus que 12 % de sucre, on lui ajoute des sels d'ammonium et on rééquilibre son pH à 4,5-5.

On ensemence alors dans cette bouillie, que l'on a préalablement stérilisée et refroidie, une culture de Saccharomyces cerevisiae et on la laisse fermenter à 25° en milieu anaérobie. L'alcool obtenu est distillé à partir de la bouillie fermentée et on le fait passer dans une colonne de rectification pour obtenir de l'alcool éthylique industriel (rendement égal à environ 10 %, en poids, de l'ensemble du fruit). La solution résiduelle après distillation de l'alcool

est réservée pour la production de sapogénines stéroïdes, section 4.1.3. l'éthanol ainsi obtenu est utilisé comme solvant industriel ou comme matière première pour des produits chimiques; s'il est purifié davantage, il est utilisé comme alcool combustible.

4.1.3 Production de sapogénines stéroïdes

La solution résiduelle obtenue après distillation de l'alcool éthylique, voir section 4.1.2, est riche en saponines stéroïdes qui ne sont pas affectées par le procédé de fermentation. Les saponines stéroïdes sont des glycosides contenant une fraction de molécule stéroïde se fixant sur des molécules de sucre par une liaison glycosidique. Après hydrolyse, ces saponines se décomposent et l'on obtient une sapogénine stéroïde, la diosgénine, et son isomère, la yamogénine, en plus des molécules de sucre : glucose, xylose et rhamnose. Ces sapogénines stéroïdes sont facilement solubles dans le chloroforme et légèrement solubles dans d'autres solvants organiques, tels que l'alcool de pétrole.

On hydrolyse la solution résiduelle en la faisant bouillir avec deux acides chlorhydriques normaux à environ 100°C, pendant deux heures^{8/}. Cette réaction entraîne la décomposition de la saponine stéroïde (glycoside) en sapogénine et en molécules de sucre. L'hydrolysate acide est neutralisé avec une solution contenant 10 % d'ammoniaque, puis filtré. Le filtrat est éliminé et le résidu est séché pendant 12 heures à 60°C. Le résidu séché est extrait avec de l'alcool de pétrole qui a un point d'ébullition peu élevé. L'extrait est évaporé jusqu'à l'état sec et l'on obtient des sapogénines brutes, 2 à 4 g pour 100 g de mésocarpe frais. Les sapogénines brutes sont encore purifiées par cristallisation avec du méthanol à 85 % et l'on obtient de la yamogénine/diosgénine pure à raison de 3 pour 1. Ces substances sont des précurseurs de drogues utilisées dans l'industrie pharmaceutique des stéroïdes, notamment pour les contraceptifs oraux.

On a déterminé le rendement d'extraction des sapogénines totales par une chromatographie sur couche mince densitométrique, en utilisant une diosgénine normale^{7/}.

4.2 Traitement des amandes de balanites afin d'obtenir des produits alimentaires

Dans certaines régions rurales du Soudan et d'autres pays d'Afrique, les amandes de balanites dont on a extrait l'agent amer de façon artisanale, sont consommées comme produit alimentaire. Au Soudan occidental, le tourteau

d'amandes est aussi consommé comme produit alimentaire et l'huile extraite est utilisée pour la cuisson des aliments. Les essais effectués avec du tourteau d'amandes de balanites sur des rats n'ont révélé aucune toxicité évidente^{2/}. L'amande de balanites est riche en huile et en protéines, mais la présence de saponines stéroïdes donne à l'amande un goût très amer qui est désagréable lorsqu'on la consomme fraîche. C'est pourquoi on a effectué des essais de traitement en vue d'extraire le principe amer de l'amande de balanites et de la rendre comestible.

Plus de 50 kg d'amandes entières de balanites, récoltées dans la région du Nil Bleu au Soudan, à un prix de 0,30 livre soudanaise par kg, ont été traitées pour extraire le goût amer par lessivage avec de l'eau à 60°C pendant 48 heures. Les amandes ainsi traitées ont été ensuite grillées et salées afin d'être utilisées comme additif dans les aliments. Toutefois, d'autres utilisations de l'amande de balanites dans l'alimentation (par exemple, produits comparables au beurre de cacahuètes ou noix) pourraient très probablement être acceptables. Le traitement pourrait être plus économique si l'on répurérait le principe amer (saponines stéroïdes) que l'on a extrait.

4.2.1 Extraction de l'agent amer des amandes de balanites

On a utilisé aux fins de ce traitement des amandes de balanites d'un poids moyen de 0,9 g chacune, de 0,8 cm de diamètre et de 2,1 cm de longueur. Ces amandes avaient une teneur en huile de 53-56 g pour 100 g, une teneur en protéines de 27-29 g pour 100 g et une teneur en eau de 2-4 g pour 100 g.

On fait tremper les amandes de balanites dans un volume d'eau égal à 20 fois le volume d'amandes, on maintient la température à 60°C et on remue les amandes de temps à autre, en changeant l'eau toutes les huit heures. Au bout de 48 heures, on enlève les amandes et on les fait sécher à 60°C pendant 24 heures. La disparition de la coloration jaune de l'eau indique clairement que le processus d'extraction de l'agent amer est terminé.

Si l'on réduit le volume d'eau par rapport au volume d'amandes, on augmente la durée du processus. Si l'on réduit la taille de l'amande à environ 0,2 cm, on ne réduit pas de manière significative la durée du processus. La pulvérisation de l'amande en particules d'environ 0,01 cm n'est pas recommandée pour la production alimentaire, étant donné que l'on perdrait la plus grande partie de l'huile et des protéines au cours du processus. En étuvant

les amandes entières de balanites à une température de 97,5° pendant trois heures, on obtiendrait des amandes trop grillées dont on n'aurait pas entièrement extrait l'agent amer. En faisant bouillir des amandes entières dans de l'eau pendant 16 heures, on obtiendrait un produit débarassé de son principe amer, mais trop cuit. Il n'est pas recommandé de faire bouillir des produits alimentaires avec de l'alcool aqueux, à moins que le but principal soit d'extraire des saponines stéroïdes. Le tableau 4.2.1 présente, à titre d'information, quelques données sur les divers procédés d'extraction de l'agent amer des amandes de balanites et sur certains constituants chimiques du produit qui en résulte.

Tableau 4.2.1

Données sur les amandes de balanites dont l'agent amer a été extrait

Procédé de traitement	Durée du traitement	Etat du produit	Humidité	Teneur en huile	Teneur en protéines
1. Amandes entières trempées dans de l'eau à 60°C	48 heures	Juste cuit, en bon état	2,3 % en poids	59,9 % en poids	24,5 % en poids
2. Amandes entières bouillies dans de l'eau	16 heures	Trop cuit et friable	4,0 % en poids	47,8 % en poids	27,1 % en poids
3. Amandes entières bouillies dans de l'éthanol à 50 %	9 heures	Partiellement cuit, en bon état	2,2 % en poids	39,4 % en poids	33,2 % en poids
4. Amandes non traitées	---	Frais	2,4 % en poids	54,0 % en poids	24,8 % en poids

4.2.2 Produits alimentaires obtenus à partir des amandes de balanites

Les amandes de balanites traitées ont été ensuite grillées à l'aide de la méthode dite "Batch Method"⁽⁴⁸⁾. On fait tourner les amandes dans un flacon à fond rond, placé au-dessus d'un manchon dans lequel la température est contrôlée à 130-140°C pendant 25 à 30 minutes. Les amandes ainsi grillées sont ensuite refroidies par injection d'un courant d'air et salées avec une solution à 5 % de chlorure de sodium. Les amandes sont alors séchées pendant 4 heures à 60°C. Elles prennent une couleur brun vif et ont un goût analogue à la plupart des noix comestibles, mais ont des teneurs en protéines et en huile sensiblement plus élevées.

On a aussi fabriqué du Halva⁽¹⁷⁾ à partir d'amandes de balanites traitées. Toutefois, le Halva ainsi obtenu n'avait pas la texture fibreuse et friable caractéristique du Halva commercial fabriqué à partir de graines de sésame.

4.3 Traitement de l'huile brute de balanites

L'huile de balanites est composée essentiellement de triglycérides. Elle contient aussi de faibles quantités de diglycérides, de phytostérols, d'esters stérols et de tocophérols. Elle a une stabilité d'autoxydation élevée par rapport à d'autres huiles⁽³⁰⁾ (par exemple, l'huile de tournesol et l'huile d'olive). De manière générale, l'huile de balanites se prête aussi bien au raffinage à des fins comestibles, qu'à d'autres traitements industriels (par exemple, fabrication de savon). Le tableau 2.4.1 indique la composition relative en acides gras de certaines huiles végétales, y compris l'huile de balanites.

4.3.1 Traitement de l'huile brute de balanites à des fins comestibles (raffinage)

Après obtention des conditions optimales^(2,40) requises, l'huile brute de balanites a été raffinée à l'aide du procédé à la soude continu, voir figure 4.3.1. L'huile brute est portée à une température de 80-90°C, on la fait passer dans un doseur, à un débit de 42 kg/min, on la mélange brièvement avec des quantités mesurées de solution de soude à 10° Baumé, à un débit de 2,2 kg/min. Le mélange est alors introduit dans une batterie de séparateurs centrifuges, en continu, dans lesquels l'huile est séparée, sous forme d'effluent léger, de la solution épaisse (soapscock). L'huile séparée est lavée, en continu, avec de l'eau chaude

pour enlever les savons. Elle est ensuite séchée, en continu, sous vide. L'huile neutralisée ainsi obtenue est alors blanchie par le procédé dit "Open-Tank Batch". L'huile est portée à une température de 110-120°C, agitée pendant 20 minutes afin de la sécher complètement; de l'argile activée acide de blanchiment est ajoutée à raison de 4 g pour 100 g et l'agitation se poursuit pendant encore 10 minutes. La boue chaude est filtrée immédiatement à l'aide de filtres sous vide. Des données quantitatives relatives à l'ensemble du processus sont indiquées au tableau 4.3.1.

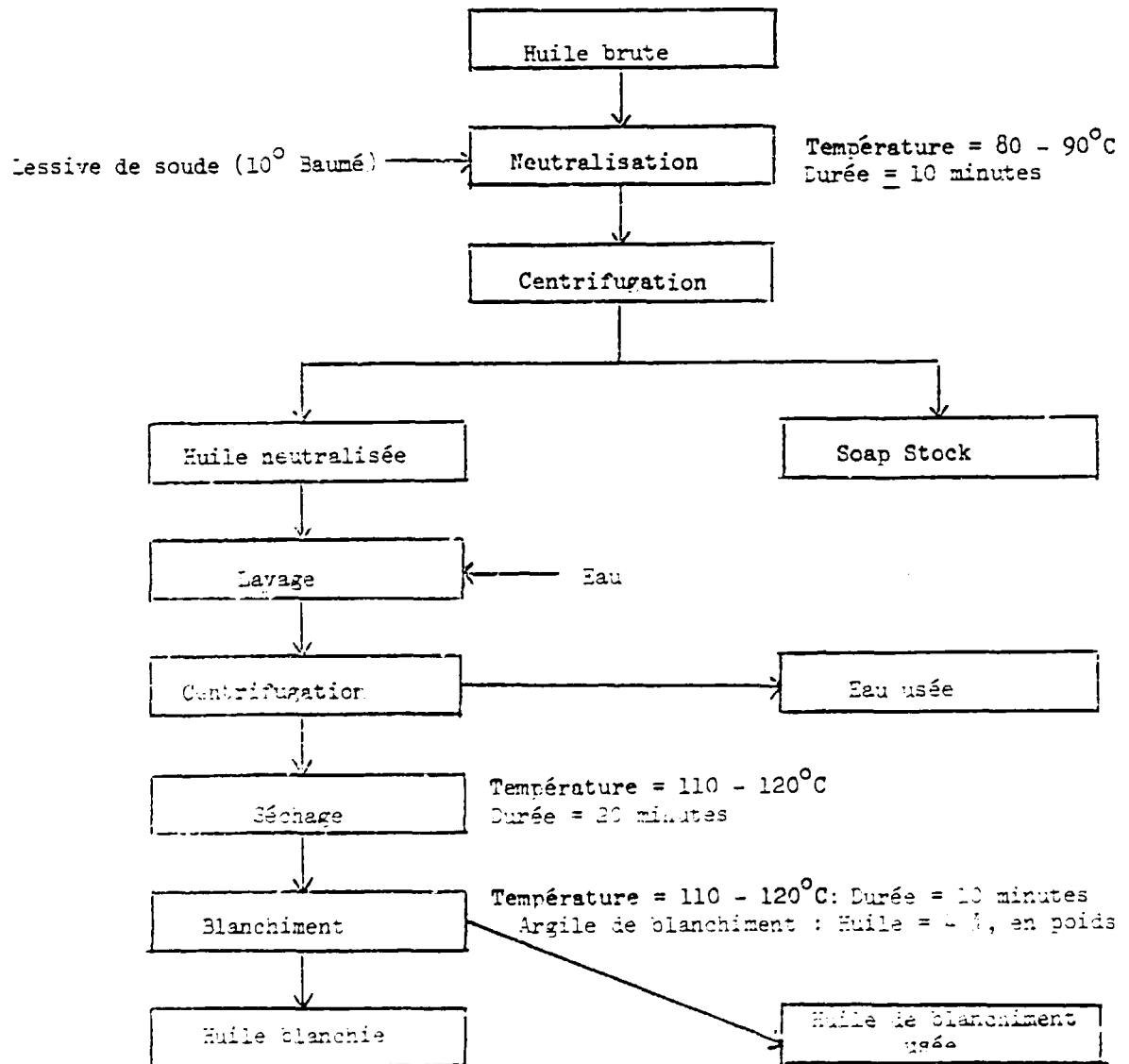
Tableau 4.3.1

Données quantitatives relatives au raffinage de l'huile brute de balanites

a. Neutralisation :		
Quantité d'huile brute utilisée (kg)	=	273,0
Quantité d'huile raffinée (kg)	=	260,0
Perte due à la neutralisation (kg)	=	13,0
Perte due à la neutralisation (en pourcentage du poids)	=	4,8
b. Blanchiment :		
Quantité d'huile raffinée (kg)	=	260,0
Quantité d'huile blanchie (kg)	=	251,7
Perte due au blanchiment (kg)	=	8,3
Perte due au blanchiment (en pourcentage du poids)		3,2
c. Ensemble du raffinage :		
Quantité d'huile brute utilisée (kg)	=	273,0
Quantité d'huile blanchie obtenue (kg)	=	251,7
Perte due au raffinage (kg)		21,3
Perte due au raffinage (en pourcentage du poids)	=	7,8

Figure 4.3.1

Diagramme indiquant le procédé de raffinage de l'huile de calanites



4.3.1.1 Propriétés physico-chimiques de l'huile de balanites raffinée

Le tableau 4.3.1.1 indique les propriétés physico-chimiques de l'huile de balanites raffinée selon le procédé décrit à la Section 4.3.1. Sont indiquées aussi dans ce tableau les normes applicables aux huiles comestibles commerciales. Des essais ont été effectués pour déterminer la présence de saponines stéroïdes et de sapogénines stéroïdes libres à l'aide d'une chromatographie sur couche mince, avec application de trichlorure d'antimoine comme réactif colorant pour la détection^{1/}.

Comme l'indique le tableau 4.3.1, l'huile de balanites raffinée est conforme aux normes recommandées du Code international applicable aux huiles comestibles usuelles; toutefois, l'indice d'acide de l'huile de balanites est exceptionnellement peu élevé par rapport à celui d'autres huiles comestibles. L'huile ne contient pas non plus de saponines, ni de sapogénines libres.

4.3.2 Traitement de l'huile brute de balanites pour la fabrication de savon

On a fabriqué du savon de ménage à partir d'huile brute de balanites à l'aide du procédé dit "mi-cuit" : de la soude caustique est ajoutée à un mélange d'huile de balanites et de suif, le mélange est porté à une température de 40-50°C selon la formule ci-après :

Huile de balanites	(% en poids)	68,75
Suif	(% en poids)	12,50
Soude caustique (37° Baumé)	(% en poids)	12,50
Silicates et autres additifs	(% en poids)	6,25

Les savons sont répartis en groupes selon les principaux acides gras dont est composée l'huile (le lipide utilisée pour la fabrication de savons. Le savon fabriqué à partir d'huile de balanites appartient au groupe des savons oléiques-linoléiques qui sont caractérisés par leurs propriétés moussante et détergente, mais qui manquent de tenue. Pour remédier à cela, du suif a été mélangé avec l'huile de balanites.

Tableau 4.3.1.1

Normes internationales recommandées applicables à certaines huiles comestibles et données analytiques
concernant l'huile de balanites

Propriétés de l'huile	Amande de balanites	Graines de soja	Graines de sésame	Cacahuète	Graines de coton	Tournesol
1. Densité (25°/25°C)	0,918	0,917-0,921	0,914-0,919	0,910-0,915	0,916-0,918	0,915-0,919
2. Indice de réfraction (25°C)	1,471	1,470-1,476	1,470-1,474	1,467-1,470	1,468-1,472	1,472-1,474
3. Indice d'iode	98	120-141	104-120	80-106	99-119	110-143
4. Indice de saponification	189	189-195	187-195	187-196	189-198	188-194
5. Matière insaponifiable (% en poids)	1,2	< 1,5	< 2,0	< 1,0	< 1,5	< 1,5
6. Saponines stéroïdes	Néant	---	---	---	---	---
7. Sapogénines stéroïdes libres	Néant	---	---	---	---	---

4.3.2.1 Propriétés du savon fabriqué à partir d'huile de balanites

On a trouvé qu'une solution aqueuse à 0,05 % de savon d'huile de balanites, à 25°C, avait un pouvoir moussant important, tant en eau douce qu'en eau dure, et donc un bon pouvoir détergent. En injectant de l'acide sulfurique concentré (jusqu'à 1 % en poids de H_2SO_4) ou de l'hydroxyde de sodium (jusqu'à 21,6 % en poids de NaOH), on a obtenu une solution aqueuse à 0,8 % de savon d'huile de balanites stable. Avec un alcali (jusqu'à 2,7 % en poids d'hydroxyde de sodium), on a obtenu une solution aqueuse à 0,1 % de savon d'huile de balanites claire.

4.4 Production de saponines à partir de tourteaux d'amandes de balanites

Les saponines stéroïdes sont des composés glycosidiques qui sont facilement solubles dans l'eau ou dans les alcools aqueux. On les trouve dans le mésocarpe et l'amande de balanites. Toutefois, leur production à partir du mésocarpe n'est pas économiquement possible.

Après avoir extrait par pression mécanique l'huile des amandes de balanites, on obtient du tourteau d'amande dans lequel les saponines ont gardé toutes leurs propriétés. Ces saponines peuvent être extraites et le tourteau alors obtenu conserve une valeur nutritive élevée et peut être utilisé dans les aliments pour les animaux.

4.4.1 Essais préliminaires d'extraction de saponines stéroïdes à partir de tourteaux d'amandes de balanites

Lors d'essais expérimentaux d'extraction de saponines stéroïdes à partir de tourteaux d'amandes de balanites, on s'est attaché en particulier à préserver la valeur nutritive du tourteau afin de l'utiliser dans les aliments pour animaux.

On a éliminé la méthode consistant à extraire ces saponines à l'aide d'eau, étant donné que celle-ci enlève une bonne partie des éléments nutritifs (protéines) et rendrait le processus de séchage des saponines extraites et des tourteaux résiduels, impraticable du point de vue économique. En outre, les saponines extraites à l'aide d'eau sont très mousseuses, ce qui poserait des problèmes pour le traitement.

On a effectué plusieurs essais préliminaires d'extraction des saponines à partir de tourteaux d'amandes de balanites en utilisant diverses concentrations d'alcool. On injecte 200 ml de solvant à base d'alcool dans du tourteau

d'amandes de balanites pulvérisé grossièrement (20 grammes) à l'intérieur d'un flacon de 500 ml, à fond rond et à ajustage rapide, pendant trois heures; le produit est alors filtré et le résidu (tourteau d'amandes) est soumis à une analyse chimique pour déterminer les teneurs en huile et en protéines.

Le tableau 4.4.1 indique la composition chimique du tourteau d'amandes de balanites résiduel après injection de divers solvants à base d'alcool. L'éthanol à 90 % et le méthanol à 90 % conviennent à l'extraction des saponines tout en maintenant les principaux constituants nutritifs du tourteau d'amandes.

4.4.2 Production de saponines stéroïdes à partir de tourteaux d'amandes de balanites

On introduit du tourteau d'amandes de balanites moulu dans un percolateur, on le laisse tremper avec de l'éthanol à 90 %, pendant 12 heures, à la température ambiante. On laisse alors passer le tourteau trempé dans le percolateur avec une quantité suffisante d'éthanol à 90 % jusqu'à ce que l'effluent perde la coloration jaune caractéristique des saponines. L'extrait alcoolique est concentré par évaporation, sous vide, à 50°C, puis extrait à l'aide d'alcool de pétrole à faible point d'ébullition pour éliminer l'huile résiduelle. Le concentré alcoolique ainsi extrait (extrait de saponine brute) est alors séché et on obtient des saponines brutes.

Les conditions optimales souhaitables pour sécher par atomisation l'extrait de saponine brute d'une viscosité de 2,64 ont été les suivantes : débit de l'extrait de 41,9 ml/min, avec une température à l'entrée de 190°C et une température à la sortie de 101°C, pour une vitesse de l'atomiseur de 120 tours par seconde.

On a obtenu 6,5 g de résidu sec de saponine brute pour 100 g de tourteau d'amandes. Ce résidu se présentait sous forme de poudre hygroscopique, jaunâtre, amorphe ayant un point de fusion de 86°C et on a évalué qu'il contenait environ 30 % de saponines stéroïdes pures.

Le tableau 4.4.2 présente les données obtenues après avoir séché par atomisation des échantillons aliquots de un litre d'extraits de saponines brutes ayant des viscosités diverses.

Tableau 4.4.1

Composition chimique du tourteau d'amandes de balanites après injection de divers alcools aqueux pendant trois heures

Tourteau d'amandes de balanites traité	Teneur en huile (% en poids)	Teneur en protéines (% en poids)	Concentration en saponines
1. Ethanol 50 % en poids	11,2	39,52	+
2. Ethanol 70 % en poids	10,2	47,36	+
3. Ethanol 90 % en poids	4,1	54,54	+
4. Méthanol 90 % en poids	5,9	52,80	+
5. Non traité	11,6	47,70	++++

Tableau 4.4.2

Données obtenues après séchage par atomisation d'un litre d'échantillons aliquots d'extraits de saponine brute à viscosité variable

Echantillon aliquot	Viscosité	Poids du résidu (g)	Humidité (% en poids)	Poids de fusion °C	Texture
A	2,60	118,8	1,2	88	Légèrement collante
B	2,64	139,1	1,4	86	Amorphe
C	2,57	112,9	1,1	85	Amorphe
D	2,97	119,8	1,2	92	Grumeleuse et plutôt granuleuse

Chapitre 5

UTILISATION DES PRODUITS FABRIQUES A PARTIR DU FRUIT DE BALANITES

Il est désormais acquis que le fruit de balanites offre des possibilités très variées. En effet, plusieurs industries utilisent divers produits industriels fabriqués à partir de ce fruit :

1. Industrie alimentaire (amande et huile de balanites comestibles);
2. Industrie des aliments pour animaux (tourteaux d'amandes et mésocarpe de balanites,;
3. Industrie pharmaceutique (sapogénines et saponines);
4. Industrie de la fermentation (éthanol);
5. Autres industries (savon).

5.1 Utilisation du tourteau d'amandes de Balanites

Le tourteau d'amande de balanites résultant du pressage mécanique de l'amande de balanites (voir section 3.3) a fait l'objet d'essais tant dans l'alimentation de la volaille que dans l'alimentation des animaux d'une manière générale. On a par ailleurs procédé à des essais dans l'alimentation de la volaille en utilisant des tourteaux d'amande des balanites prétraités associés à 90 % d'éthanol pour extraire des saponines stéroïdes (voir section 4.4). Ce type de tourteau, dont on a extrait quasiment toute la saponine, prend ici le nom de tourteau d'amandes de balanites traitées; même après l'extraction de la saponine, le tourteau est riche en protéine.

5.1.1 Essai de production d'aliments pour volaille et d'oeufs

On a ajouté des tourteaux d'amandes de balanites non traitées ou traitées à la ration normale de la pâtée des poussins, des poulets d'élevage ou des pondeuses et ce à des taux d'incorporation différents afin de remplacer partiellement les tourteaux d'oléagineux disponibles dans le commerce et utilisés de façon traditionnelle. On a procédé à cette substitution en faisant en sorte que les rations conservent leur teneur en protéine brute, condition nécessaire à la croissance normale de la volaille et à la production d'oeufs.

Ces essais avaient pour objectif d'étudier le rôle des tourteaux d'amandes de balanites dans l'engraissement des poussins et des poulets d'élevage ainsi que dans la production d'oeufs par les pondeuses, dans le but d'utiliser le tourteau d'amandes de balanites dans l'alimentation de la volaille.

5.1.1.1 Essais préliminaires d'engraissement

On a procédé à des essais préliminaires d'engraissement sur des poussins mâles d'un jour en prenant un échantillon de 100 poussins mâles alimentés quatre fois par jour et pesant en moyenne de 35,7 à 38,6 grammes et séparés en quatre groupes de 25 poussins chaque. Chaque groupe a été alimenté à raison d'un taux d'inclusion différent de tourteau d'amandes de balanites; l'un des groupes, considéré comme groupe de contrôle, a été alimenté grâce à une ration normale.

L'utilisation d'un taux élevé d'inclusion (25 % en poids) de tourteau d'amandes de balanites destiné à remplacer partiellement les tourteaux de graine de coton, de sésame et d'arachide a donné des résultats négatifs sur l'engraissement des poussins et a entraîné la mort de 32 % des poussins soumis à l'expérience.

On a utilisé des taux d'inclusion inférieurs de tourteau d'amandes de balanites dans la ration des poussins d'un jour d'un poids moyen de 35,7 g.

Les poussins du groupe A ont été alimentés par une ration contenant 7,5 % en poids de tourteau de balanites et donnant une ration ayant un taux de protéine brute égal à 19,75 % en poids.

Les poussins du groupe B ont été alimentés par une ration contenant 12,5 % en poids de tourteau d'amandes de balanites et permettant d'obtenir une ration contenant 19,85 % en poids de protéine brute.

Les poussins du groupe C ont été alimentés par une ration contenant 15 % en poids de tourteau d'amandes de balanites et permettant d'obtenir une ration contenant 19,90 % en poids de protéine brute.

Les poussins du groupe de contrôle ont été alimentés par une pâtée normale pour poussin ne comportant pas de tourteau d'amandes de balanites et permettant d'obtenir une ration contenant 19,75 % en poids de protéine brute.

Les poussins de chaque groupe ont été pesés une fois par semaine et on a enregistré l'engraissement moyen de chaque poussin de chaque groupe ainsi que le taux de mortalité des animaux (voir tableau 5.1.1.1.a.).

On a essayé divers taux d'inclusion de tourteau d'amandes de balanites traitées sur trois groupes de poussins d'un jour d'un poids unitaire moyen de 38,6 g.

Les poussins du groupe A ont été alimentés par une ration contenant 10 % en poids de tourteau d'amandes de balanites traitées (protéine brute : 19,78 % en poids).

Les poussins du groupe B ont été alimentés par une ration contenant 15 % en poids de tourteau d'amandes de balanites traitées (protéine brute : 19,93 % en poids).

Les poussins du groupe de contrôle ont été alimentés par une pâtée normale pour poussin ne contenant pas de tourteau d'amandes de balanites (protéine brute 19,75 % en poids).

Voir tableau 5.1.1.1.b.

Tableau 5.1.1.1.a

Engraissement total moyen et mortalité totale des poussins alimentés sur la base de divers taux d'inclusion de tourteau d'amandes de balanites (A = 7,5 %; B = 12,5 %; C = 15 % en poids)

Semaine	Engraissement total moyen (g/poussin)				Pourcentage total de la mortalité			
	Groupe A	Groupe B	Groupe C	Groupe de contrôle	Groupe A	Groupe B	Groupe C	Groupe de contrôle
1	11,6	15,8	12,4	10,8	-	-	-	-
2	27,7	33,6	23,6	29,1	-	-	-	-
3	46,4	51,8	50,2	50,7	-	-	-	4
4	82,0	79,3	62,5	82,4	-	-	-	4

Tableau 5.1.1.1.b

Engraissement total moyen et mortalité totale des poussins alimentés par des rations contenant des tourteaux d'amandes de balanites traitées (A = 10 %; B = 15 % en poids)

Semaine	Engraissement total moyen (g/poussin)			Pourcentage total de la mortalité		
	Groupe A	Groupe B	Groupe de contrôle	Groupe A	Groupe B	Groupe de contrôle
1	6,6	7,4	6,2	4	4	4
2	17,9	16,4	14,9	4	4	4
3	38,0	34,1	31,8	12	12	4
4	57,1	54,1	52,3	12	12	12

Il ressort de ces essais que l'adoption d'un taux d'inclusion de 7,5 % en poids de tourteau d'amandes de balanites ou de 10 % en poids de tourteau d'amandes de balanites traitées donne presque les mêmes résultats en ce qui concerne l'engraisement des poussins d'un jour, que les résultats obtenus grâce à la pâtée classique.

5.1.1.2 Essais préliminaires de production d'oeufs

On a procédé à des essais préliminaires d'alimentation de poules pondeuses hisex grâce à des rations contenant des tourteaux d'amandes de balanites et on a observé les effets obtenus sur la production, les pondeuses étant rangées dans quatre groupes distincts, comme suit :

Les pondeuses du groupe A ont été alimentées grâce à une ration de pondeuse contenant 7,5 % en poids de tourteau d'amandes de balanites.

Les pondeuses du groupe B ont été alimentées grâce à une ration de pondeuse contenant 10 % en poids de tourteau d'amandes de balanites.

Les pondeuses du groupe C ont été alimentées grâce à une ration de pondeuse contenant 12,5 % en poids de tourteau d'amandes de balanites.

Les pondeuses du groupe de contrôle ont été alimentées grâce à une ration normale de pondeuse ne contenant pas de tourteau d'amandes de balanites.

La production d'oeufs a été observée sur quatre semaines et les résultats ont été reportés au tableau 5.1.1.2.a. La composition des rations utilisées ainsi que leur analyse chimique figurent au tableau 5.1.1.2.b.

Tableau 5.1.1.2.a

Production d'oeufs des pondeuses alimentées par des rations contenant diverses proportions de tourteau d'amandes de balanites
(A = 7,5 %; B = 10 %; C = 12,5 % en poids)

Groupe	Taux d'inclusion de tourteau (% en poids)	Nombre de pondeuses (unités)	Production totale d'oeufs (unités)	Production moyenne d'oeufs (%)	Mortalité totale (unités)
A	7,5	16	82	20,2	3
B	10,0	16	70	16,7	2
C	12,5	16	57	14,5	4
Groupe de contrôle	-	16	103	26,8	4

Tableau 5.1.1.2.b

Composition et analyse chimique de quatre rations de pondeuses différentes

I. Composition (pourcentage en poids)

Composition	Groupe A	Groupe B	Groupe C	Groupe de contrôle
Blé dur	55,5	55,5	55,5	55,5
Tourteau d'arachide	10,5	9,0	7,0	13,0
Tourteau de graines de coton	3,0	3,0	2,5	5,0
Tourteau de sésame	9,0	8,0	8,0	14,0
Son	9,0	9,0	9,0	7,0
Coquilles	3,5	3,5	3,5	3,5
Vitamines	1,5	1,5	1,5	1,5
Sel	0,5	0,5	0,5	0,5
Tourteau de balanites	7,5	10,0	12,5	-

II. Analyse chimique (% en poids)

Composé	Groupe A	Groupe B	Groupe C	Groupe de contrôle
Protéine brute	22,40	20,38	20,38	20,54
Graisse brute	5,22	5,36	5,44	4,60
Fibre brute	4,86	4,49	4,38	4,43

On enregistre à l'évidence une baisse de la production d'oeufs lorsque l'on utilise des rations contenant du tourteau d'amandes de balanites; à noter cependant que l'utilisation de ces rations n'a pas réellement d'effets toxiques.

Les pondeuses faisant l'objet de l'expérience ont alors été mélangées et réparties au hasard en trois groupes comprenant chacun 15 pondeuses. Les trois groupes ont reçu une ration de pondeuse normale. Au bout de 10 jours, on a procédé comme suit à un nouvel essai :

Les pondeuses du groupe A ont été alimentées par une ration contenant 7,5 % en poids de tourteau d'amandes de balanites.

Les pondeuses du groupe B ont été alimentées par une ration contenant 7,5 % en poids de tourteau d'amandes de balanites traitées.

Les pondeuses du groupe C ont été alimentées par une ration normale de pondeuse ne contenant pas de tourteau d'amandes de balanites.

La production d'oeufs a été observée pendant deux semaines et les résultats ont été reportés au tableau 5.1.1.2.c.

Tableau 5.1.1.2.c

Production d'oeufs des pondeuses alimentées par des rations différentes contenant 7,5 % en poids de tourteau d'amandes de balanites traitées ou non traitées

Groupe	Traitement	Nombre de pondeuses	Nombre total d'oeufs (unités)	Production d'oeufs (en %)	Mortalité totale
A	Tourteau non traité	15	31	14,8	-
B	Tourteau traité	15	44	21,1	-
Groupe de contrôle	Ration sans tourteau	15	92	48,4	1

5.1.1.3 Essais définitifs de production d'aliments pour volaille et d'oeufs

On a procédé comme suit à un essai définitif de production d'aliments pour volaille et d'oeufs à partir des essais préliminaires qui avaient été faits dans ce domaine :

Soixante poussins femelle, alimentés quatre fois par jour, d'un jour et d'un poids unitaire moyen de 37,4 g ont été divisés en trois groupes de 20 poussins.

Les poussins du groupe A ont été alimentés par des rations contenant 7,5 % en poids de tourteau d'amandes de balanites.

Les poussins du groupe B ont été alimentés par des rations contenant 7,5 % en poids de tourteau d'amandes de balanites traitées.

Les poussins du groupe de contrôle ont été alimentés par une ration normale ne contenant pas de tourteau (traité ou non) d'amandes de balanites.

Les poussins d'un jour ont été alimentés à la pâtée pour poussin (voir tableau 5.1.1.3.a). Les poussins ayant atteint deux mois, la composition de la ration a été modifiée (ration pour poulet d'élevage). Les poulets d'élevage ayant atteint quatre mois, on a substitué la ration pour pondeuse à la ration pour poulet d'élevage (voir tableau 5.1.1.3.b).

On a observé l'évolution de l'engraissement des poussins du premier jour à la sixième semaine (voir tableau 5.1.1.3.c). Par ailleurs, on a observé l'évolution de l'engraissement moyen des poulets d'élevage du premier mois au septième mois (voir tableau 5.1.1.3.d). Enfin, on a enregistré la production moyenne des pondeuses (poulettes) tout au long des quatre dernières semaines de l'expérience c'est-à-dire jusqu'au septième mois (voir tableau 5.1.1.3.e).

5.1.1.4 Incidences sur la production d'aliments pour volaille et d'oeufs

On peut conclure de ces essais que l'inclusion dans les rations de 7,5 % en poids de tourteau d'amandes de balanites traitées et non traitées permettrait de remplacer 9,5 % en poids des autres tourteaux de graines oléagineuses : coton, arachide, sésame, dans l'alimentation de la volaille. Il serait ainsi possible d'obtenir des volailles plus grasses que les sujets obtenus au moyen d'une alimentation contenant les autres tourteaux d'oléagineux utilisés. On a découvert que l'utilisation de ce taux d'inclusion de tourteau d'amandes de balanites (7,5 % en poids) avait des effets négatifs sur la production d'oeufs.

La figure 5.1.1.4 indique les effets de l'adoption du taux d'inclusion de 7,5 % en poids de tourteau d'amandes de balanites traitées et non traitées par comparaison avec l'utilisation du taux d'inclusion de 9,5 % en poids d'autres tourteaux d'oléagineux.

Tableau 5.1.1.3.a

Composition en éléments nutritifs de la pâtée des poussins

Elément nutritif	Composition (% en poids)		Groupe de contrôle
	Groupe A	Groupe B	
Blé dur	55,5	55,5	55,5
Tourteau d'arachide	10,5	10,5	13,0
Tourteau de graines de coton	3,0	3,0	5,0
Tourteau de sésame	9,0	9,0	14,0
Tourteau d'amandes de <u>Balanites</u>	7,5	-	-
Tourteau d'amandes de <u>Balanites</u> traitées	-	7,5	-
Son	12,0	12,0	10,0
Coquilles	1,0	1,0	1,0
Vitamines/minéraux	1,0	1,0	1,0
Sel	0,5	0,5	0,5

Tableau 5.1.1.3.b

Composition en éléments nutritifs de la ration des pondeuses

Elément nutritif	Composition (% en poids)		Groupe de contrôle
	Groupe A	Groupe B	
Blé dur	55,5	55,5	55,5
Tourteau d'arachide	10,5	10,5	13,0
Tourteau de graines de coton	3,0	3,0	5,0
Tourteau de sésame	9,0	9,0	14,0
Tourteau d'amandes de <u>Balanites</u>	7,5	-	7,0
Tourteau d'amandes de <u>Balanites</u> traitées	-	7,5	-
Son	9,0	9,0	7,0
Coquilles	3,5	3,5	3,5
Vitamines/minéraux	1,5	1,5	1,5
Sel	0,5	0,5	0,5

Tableau 5.1.1.3.c

Engraissement moyen des poussins (en grammes)

Semaine	Groupe A	Groupe B	Groupe de contrôle
Une	62,0 \pm 6,0	73,0 \pm 6,1	63,0 \pm 7,3
Deux	84,0 \pm 5,6	90,0 \pm 5,9	84,5 \pm 8,1
Trois	98,3 \pm 7,2	104,4 \pm 9,6	98,8 \pm 6,2
Quatre	121,0 \pm 9,3	130,0 \pm 11,2	123,5 \pm 6,9
Cinq	154,0 \pm 8,6	158,0 \pm 7,9	154,0 \pm 10,3
Six	182,0 \pm 12,1	174,2 \pm 15,2	184,0 \pm 14,5

Tableau 5.1.1.3.d

Engraissement moyen des poulets/poulettes d'élevage (en grammes)

Mois	Groupe A	Groupe B	Groupe de contrôle
Un	121,1 \pm 13,1	130,7 \pm 11,7	123,1 \pm 10,9
Deux	335,7 \pm 22,4	332,5 \pm 31,8	310,2 \pm 27,6
Trois	720,9 \pm 68,1	712,3 \pm 76,1	682,5 \pm 79,6
Quatre	1 215,3 \pm 142,2	1 214,1 \pm 123,8	1 143,3 \pm 125,8
Cinq	1 519,2 \pm 131,7	1 515,2 \pm 142,6	1 430,7 \pm 151,3
Six	1 780,2 \pm 190,2	1 711,6 \pm 193,7	1 625,8 \pm 179,2
Sept	1 943,5 \pm 167,8	1 878,3 \pm 149,2	1 714,7 \pm 193,7

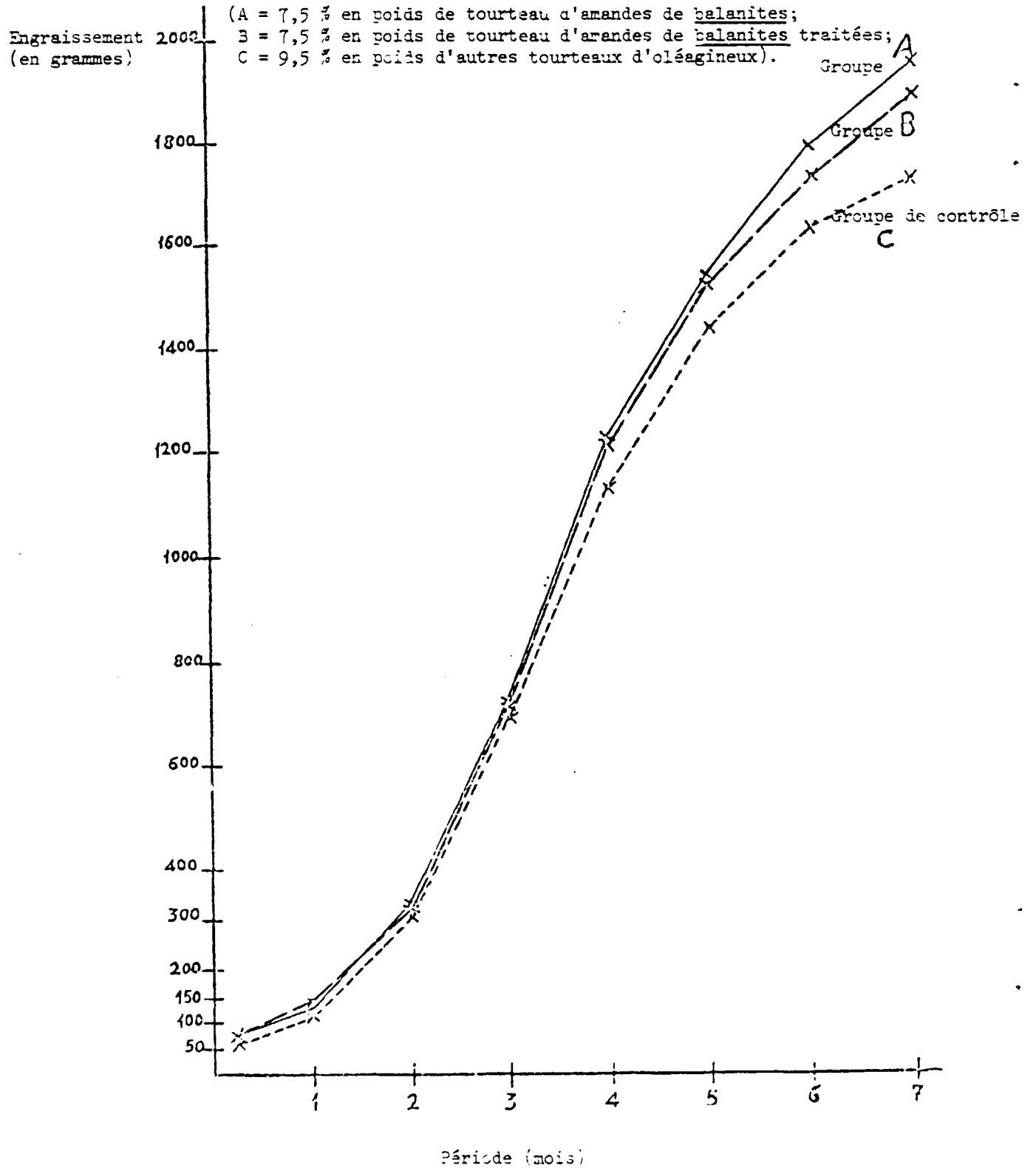
Tableau 5.1.1.3.e

Production d'oeufs des pondeuses (en pourcentage)

Groupe	Inclusion de tourteau d'amandes de <u>Balanites</u> (%)	Production d'oeufs (%)
A	7,5 (non traité)	21,0
	7,5 (traité)	26,7
Groupe de contrôle	----	45,0

Figure 5.1.1.4

Rôle du tourteau d'amande de balanites dans l'engraissement de la volaille



5.1.2 Essais en matière d'alimentation des animaux

On a ajouté du tourteau d'amandes de balanites aux rations destinées aux animaux, en remplacement du tourteau de graines de coton, pour déterminer les effets de l'utilisation du tourteau d'amandes de balanites sur l'engraissement, et, par conséquent, son utilisation dans l'alimentation des animaux.

Pour procéder à ces essais préliminaires, on a utilisé deux groupes (A et B) de moutons du désert, à raison de 11 moutons par groupe. Au début des essais, le poids moyen par pied des moutons utilisés était de $20,2 \pm 4,1$ et de $20,1 \pm 3,4$ kg pour les groupes A et B respectivement.

5.1.2.1 Essais préliminaires en matière d'alimentation des animaux

Au cours des trois premières semaines correspondant à la période préliminaire, les deux groupes de moutons (A et B) ont été alimentés à satiété sur la base d'une ration contenant 60 % en poids de paille (du type sorgho) et 40 % en poids de concentrés, durant une semaine, la ration des deux semaines suivantes étant composée de 40 % en poids de paille et de 60 % en poids de concentrés (voir tableau 5.1.2.1). On a augmenté progressivement la proportion de concentrés dans les rations de 40 à 60 % au cours de la période préliminaire pour éviter tout trouble de l'appareil digestif.

On a par ailleurs procédé à une expérience pilote sur trois groupes de moutons comportant deux moutons chacun dans le but d'évaluer les effets toxiques que pourrait produire l'incorporation dans les rations de tourteau d'amandes de balanites. Les moutons ont été alimentés durant trois semaines à l'aide de rations comptant respectivement 5, 10 et 20 % de tourteau d'amandes de balanites. Durant cette période, les moutons ont été pesés deux fois par semaine et on a noté la ration alimentaire.

Tableau 5.1.2.1

Aliments fournis aux animaux au cours de la période préliminaire

Aliment	Ration (en %)	
	Première semaine	deux dernières semaines
Paille	60	40
Molasse	10	10
Tourteau de graines de coton	20	30
Sorgho	9	19
Sel	1	1

5.1.2.2 Essais pratiques définitifs en matière d'alimentation des animaux

Au terme de la période préliminaire, les moutons du groupe A ont continué d'être alimentés sur la base de la même ration que la ration fournie jusqu'alors. Les moutons appartenant au groupe B ont quant à eux été alimentés à partir d'une ration contenant 20 % en poids de tourteau d'amandes de balanites. Le tableau 5.1.2.2.a indique les rations fournies aux groupes A et B.

Tableau 5.1.2.2.a

Ingrédients entrant dans la composition des rations fournies aux animaux des groupes A et B

Aliment	Ration A	Ration B
Paille	40	50
Molasse	10	10
Tourteau d'amandes de <u>balanites</u>	-	20
Tourteau de graines de coton	30	-
Sorgho	19	19
Sel	1	1

Le tableau 5.1.2.2.b présente l'analyse chimique immédiate des rations expérimentales susmentionnées.

Tableau 5.1.2.2.b

Analyse immédiate des rations expérimentales (% en poids) d'alimentation pour animaux

Ingrédient	Aliments secs	Cendre	Protéines brutes	Fibres brutes	Extrait d'éther
Abu 70 (paille)	86,3	7,2	2,1	44,8	0,8
Tourteau de <u>balanites</u>	95,9	6,5	36,8	5,9	15,9
Tourteau de graines de coton	92,4	5,9	28,0	23,6	6,3
Sorgho	91,6	2,0	14,0	4,7	3,2
Ration A	90,0	6,8	11,9	24,2	5,4
Ration B	89,8	8,1	12,3	24,7	5,8

5.1.2.3 Résultats des essais réalisés en matière d'alimentation des animaux

Il ressort des résultats de l'expérience pilote que l'incorporation dans la ration alimentaire des moutons de 5,10 et 20 % en poids de tourteau d'amandes de balanites n'a entraîné chez les animaux soumis à l'expérience aucun trouble de l'appareil digestif. De même, on n'a observé aucun effet négatif sur l'absorption des aliments ou sur la croissance des animaux. Le tableau 5.1.2.3.a indique l'évolution moyenne du poids des animaux sur pied et la ration alimentaire des trois groupes de moutons. Le tableau 5.1.2.3.b indique l'évolution des animaux sur pied, qu'il s'agisse du groupe A et du groupe B, au cours des trois premières semaines d'expérience préliminaire et durant les sept premières semaines au cours desquelles on a incorporé du tourteau d'amandes de balanites dans la ration du groupe B (voir figure 5.1.2.3).

Tableau 5.1.2.3.a

Ration alimentaire et évolution de la croissance des animaux soumis à l'expérience au cours de la période pilote

Ration alimentaire et évolution de la croissance	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3
Pourcentage en poids de tourteaux de balanites	5	10	20
Ration : kg/jour	1,8	1,8	1,8
Poids initial de l'animal sur pied : kg	41,0	37,3	35,0
Poids final de l'animal sur pied : kg	41,5	38,8	36,3

Tableau 5.1.2.3.b

Evolution moyenne, semaine par semaine du poids en kilogrammes des moutons soumis à l'expérience

Semaine	Groupe A (tourteau de graines de coton)	Groupe B (tourteau d'amandes de balanites)
1	20,6 \pm 4,0	20,4 \pm 4,0
2	21,4 \pm 4,4	21,4 \pm 4,4
3	21,8 \pm 4,8	22,4 \pm 4,5
4	22,7 \pm 5,0	23,3 \pm 4,5
5	23,8 \pm 3,2	24,3 \pm 4,3
6	25,0 \pm 5,7	25,5 \pm 4,3
7	25,9 \pm 5,9	27,0 \pm 5,0
8	27,7 \pm 6,3	29,0 \pm 5,0
9	30,3 \pm 6,9	31,1 \pm 5,2
10	31,4 \pm 7,2	33,0 \pm 5,2

La ration alimentaire moyenne des animaux du groupe A et du groupe B est de l'ordre de 1,8 kg par animal. Le taux de croissance n'est pratiquement pas plus élevé chez les animaux du groupe B ($p = 0,5$) que chez les sujets du groupe A. On peut donc en conclure qu'en matière d'alimentation des ruminants, les protéines contenues dans les tourteaux d'amandes de balanites sont de qualité supérieure puisque l'on a utilisé jusqu'à 20 % en poids de tourteaux d'amandes de balanites pour remplacer 30 % en poids de tourteaux de graines de coton.

On notera aussi que les moutons apprécient tout autant les rations contenant du tourteau d'amandes de balanites que les aliments de type traditionnel. Enfin, on ne constate aucune différence de goût entre la viande des moutons alimentés à l'aide de rations contenant du tourteau d'amandes de balanites et celle des moutons alimentés à partir de tourteau de graines de coton.

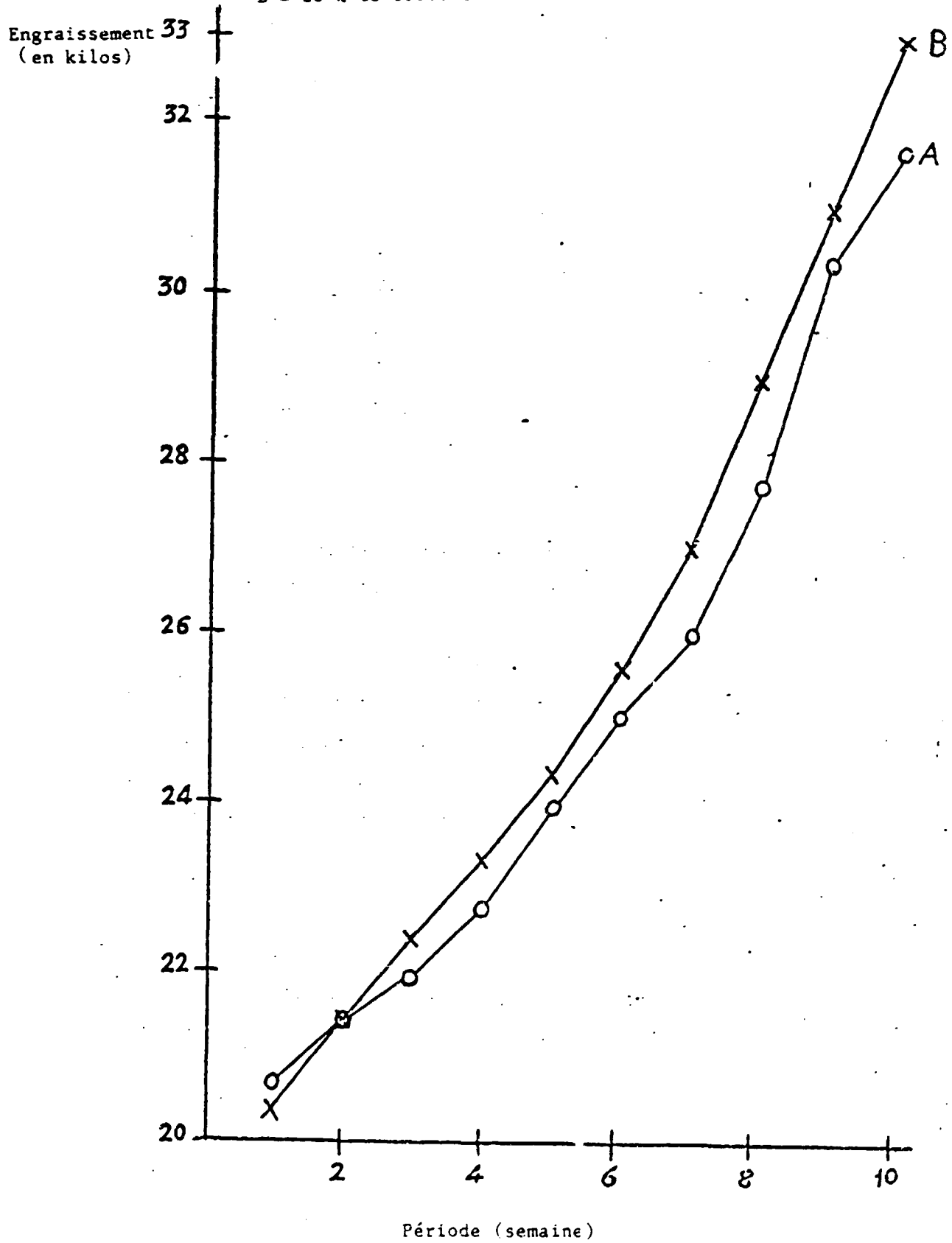
5.2 Examen biologique des saponines stéroïdes de balanites

On a procédé à l'analyse de certaines activités biologiques des saponines stéroïdes brutes de Balanites en vue d'étudier leur future utilisation dans l'industrie pharmaceutique. Les saponines brutes obtenues comme indiqué à la section 4.4 ont été considérées comme un sous-produit des tourteaux d'amandes de balanites: leur utilisation permettrait de rendre le traitement du fruit de balanites plus économique.

Figure 5.1.2.3

Rôle de l'utilisation des tourteaux d'amandes de balanites
dans l'engraissement des moutons sur pied

A = 20 % en poids de tourteaux de graines de coton
B = 20 % de tourteaux d'amandes de balanites



On a utilisé de la saponine brute de balanites pour déterminer son effet sur la concentration de sucre dans le sang ainsi que son rôle dans la lutte contre la schistosomiase. On a aussi utilisé de la saponine pour la fonction gastro-intestinale et sa dose létale (LD 100) a été déterminée.

5.2.1 Effet des saponines de balanites sur la concentration de sucre dans le sang

On a utilisé à titre expérimental des rats Wistar pesant de 200 à 250 g ou des lapins blancs de Nouvelle-Zélande pesant de 1,5 à 2 kg. Les lapins ont été mis à la diète pendant une journée avant le début de l'expérience puis on a prélevé des échantillons de sang avant et après l'administration de la saponine en prenant les précautions suggérées par Varley en 1969^{45/}.

De la saponine brute dissoute dans l'eau a été injectée par voie intrapéritonéale (I.P.) à des doses de 40, 80 et 180 mg par kg dans les rats et à des doses de 80, 160 et 320 mg/kg dans les lapins. On a prélevé des échantillons de sang deux heures après l'injection et on a déterminé le niveau de glucose de base et le niveau existant après l'administration de la saponine en recourant à la méthode de réduction au cuivre alcalin préconisée par Asatoor et King (1954)^{5/}.

Le tableau 5.2.1.a. montre l'effet des différentes doses de saponine de balanites sur la concentration de sucre dans le sang du rat; le tableau 5.2.1.b. donne ces indications pour le lapin.

Tableau 5.2.1.a

Effet de la saponine de balanites sur la concentration de sucre dans le sang du rat

Dose (I.P.) mg/kg	Concentration de sucre dans le sang (mg/100 ml)		Pourcentage Evolution
	Base	2 heures après l'injection	
40	97,0	69,6	- 28,3
80	78,25	52,6	- 33,9
160	65,4	151,0	+ 130,9

Tableau 5.2.1.b

Effet de la saponine de balanites sur la concentration du sucre dans le sang du lapin

Dose (I.P.) mg/kg	Concentration du sucre dans le sang (mg/100 ml)		Evolution (en pourcentage)
	Base	2 heures après l'injection	
80	67,6	72,2	+ 6,8
160	103,7	75,0	- 34,3
320	56,9	214,0	+ 274,0

L'hyperglycémie due à l'injection de saponine (augmentation de la concentration du sucre dans le sang) peut être due à l'augmentation du taux de glucagon⁽⁴²⁾. Rappelons à cet égard que la tolbutamide, qui est l'agent hypoglycémique (qui entraîne une diminution de la concentration du sucre dans le sang) tout en stimulant la libération de l'insuline, favorise également la libération du glucagon⁽³⁵⁾.

Toutefois, les résultats de ces expériences mettent en évidence le pouvoir que les saponines de balanites ont d'influer sur la concentration du sucre dans le sang.

5.2.2 Effet des saponines balanites sur la fonction gastro-intestinale

Quatre lapins blancs de Nouvelle-Zélande, pesant chacun de 1,5 à 2 kg, ont été placés dans des cages métaboliques individuelles. Ils disposaient d'aliments et d'eau à satiété. On a administré par lavage 0,5 g de saponine (en solution aqueuse) par kg de poids à l'un des lapins; parallèlement on a administré 1 g/kg et 2 g/kg au deuxième et au troisième lapin. On a utilisé le quatrième lapin comme lapin de contrôle et on lui a injecté de l'eau distillée à raison d'un volume équivalent au volume administré à chacun des trois autres lapins. Les quatre lapins ont été placés en observation pendant 10 heures.

Le tableau 5.2.2 donne le poids des selles et leur consistance 10 heures après le traitement. Le tableau fait apparaître que l'injection d'une dose de 1 g/kg a très nettement augmenté le poids des selles excrétées et que leur consistance évolue puisque de solides elles deviennent semi-solides. L'injection d'une dose de 2 g/kg provoque l'excrétion de selles semi-solides et de selles liquides, autrement dit un effet cathartique bien net.

Tableau 5.2.2

Effet des saponines de balanites sur le poids et la consistance des selles

Dose de saponine (g/kg)	Poids des selles (g/lapin)	Consistance
0	20	Solide
0,5	24	Solide
1,0	46	Semi-solide
2,0	48	Semi-solide à liquide

Le tableau ci-dessus montre clairement que la saponine de balanites a bien un effet purgatif à une dose de 1 g/kg. Injectée à des doses plus fortes, la saponine provoque un effet cathartique. (voir figure 5.2.2).

La dose purgative effective de saponine brute de balanites (1 g/kg) est bien inférieure à la dose hypoglycémique effective dont il est question à la section 5.2.1 et qui se situe entre 80 et 160 mg/kg. Il ressort que la gamme de sécurité est très étendue au niveau de l'effet hypoglycémique.

5.2.3 Dose létale (LD₁₀₀) des saponines de balanites

On a injecté une solution de saponine, par voie intrapéritoniale et à diverses doses dans des rats blancs de Wistar pesant chacun de 200 à 250 g ou dans des lapins blancs de Nouvelle-Zélande pesant chacun de 1,5 à 2 kg. On a déterminé comme dose létale (LD₁₀₀) la dose entraînant la mort de l'ensemble des animaux soumis à l'expérience.

Le tableau 5.2.3 montre qu'il faut 15,7 grammes de saponine par kilogramme de poids du corps pour tuer tous les rats soumis à l'expérience tandis qu'il faut une dose inférieure (5 g/kg) pour tuer tous les lapins. Cette dose létale (LD₁₀₀) est elle aussi de très loin inférieure à la dose hypoglycémique effective dont il est question à la section 5.2.1 et qui se situe entre 80 et 160 mg/kg.

Figure 5.2.2

Effet des saponines de balanites sur le poids des selles du lapin
après dix heures d'administration

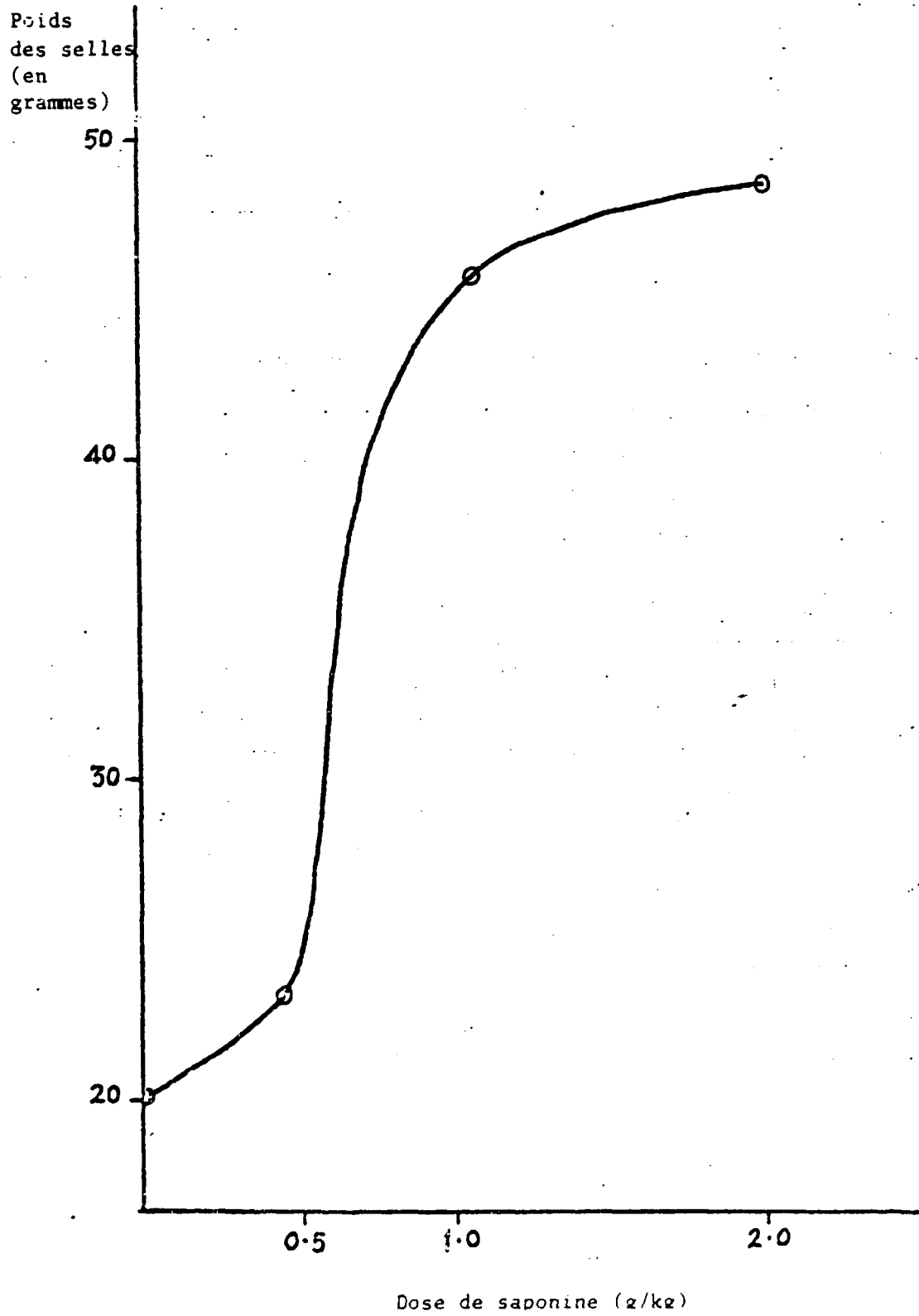


Tableau 5.2.3

Dose létale (LD 100) des saponines de balanites dans le rat et le lapin

Animal	LD 100
Rat	15,7 g/kg
Lapin	5,0 g/kg

5.2.4 Rôle des saponines de balanites dans la lutte contre la schistosomiase

Les molluscicides chimiques sont d'une grande utilité dans la lutte contre la schistosomiase, maladie parasitaire courante qui affecte l'homme et le bétail dans la plupart des pays tropicaux d'Afrique, du Moyen-Orient et d'Asie du Sud-Est. Selon les estimations de l'OMS, quelque 250 millions d'êtres humains souffrent de cette maladie et plus de 600 millions de gens vivent dans des zones dans lesquelles la schistosomiase a un caractère endémique.

Divers chercheurs ont fait état de l'utilité des extraits du fruit de balanites dans la lutte contre l'escargot à bilharzies (pouvoir molluscicide). On a étudié le pouvoir molluscicide de la saponine brute de balanites en vue de remplacer plusieurs molluscicides chimiques connus et par conséquent d'utiliser la saponine dans l'industrie pharmaceutique.

5.2.4.1 Rôle des saponines de balanites dans la lutte contre l'escargot à bilharzies

Pour étudier l'effet des saponines brutes de balanites sur l'escargot à bilharzies, on a utilisé deux espèces adultes d'escargots en l'occurrence Bulinus truncatus et Biomphalaria pfeifferi. Les travaux de dépistage ont été menés suivant la méthode recommandée par l'OMS^{47/}.

On a préparé diverses concentrations de saponines brutes pour évaluer leur pouvoir molluscicide sur les escargots ci-dessus mentionnés. La concentration de saponine a été exprimée en parties par millions de l'extrait original du fruit (voir tableau 5.2.4.1).

Tableau 5.2.4.1

Pouvoir molluscicides des saponines de balanites

<u>Concentration de saponine (ppm)</u>		<u>Mortalité (en pourcentage) des escargots <u>Bulinus truncatus</u> et <u>Biomphalaria pfeifferi</u></u>	
<u>Mésocarpe</u>	<u>Amande</u>		
1,56	3,0	-	-
2,3	4,5	-	40
3,0	6,0	40	40
3,8	7,5	40	80
4,5	9,0	80	100
5,3	10,5	80	100
6,0	12,0	80	100
6,8	13,5	100	100
7,5	15,0	100	100

Comme le montre le tableau ci-dessus, les saponines de balanites ont un pouvoir molluscicide très élevé dans la lutte contre Biomphalaria pfeifferi (LD 100 = 9 ppm de l'ensemble de l'amande) et contre Bulinus truncatus (LD 100 = 6,8 ppm du mésocarpe ou 13,5 ppm de l'amande). La recommandation de l'OMS relative aux produits ayant un pouvoir molluscicide économique indique des concentrations allant jusqu'à 75 ppm. Il en ressort que les saponines contenues dans le fruit de balanites ont un pouvoir molluscicide très élevé.

5.3 Amandes grillées de balanites utilisées comme produits alimentaires

On a étudié la possibilité d'utiliser l'amande de balanites grillée ayant subi le traitement indiqué aux sections 4.2.1 et 4.2.2 comme produit alimentaire pouvant être consommé au Soudan.

Un questionnaire fondé sur une stratégie de mise au point de nouveaux produits a été élaboré (voir figure 5.3). Des amandes grillées de balanites ont été distribuées, ainsi que le questionnaire aux visiteurs de l'exposition sur le développement et le progrès qui s'est tenu à Khartoum à l'occasion du onzième anniversaire de la Révolution de mai.

Sur les 3 000 questionnaires distribués, 2 507 ont été envoyés dûment remplis. Cette enquête a permis de conclure que le produit de balanites a du goût, qu'il a une bonne odeur et qu'il est de grande qualité.

5.4 Huile de balanites raffinée utilisée dans l'alimentation

On sait que l'huile de balanites est depuis longtemps utilisée dans l'alimentation des communautés rurales du Soudan. Aux fins de vérifier que l'huile de balanites raffinée convient bien à la préparation des aliments, on a procédé à des tests portant sur ses propriétés en matière de friture et on a fait, parallèlement, une étude de marché sur cette huile.

5.4.1 Aptitude à la friture de l'huile de balanites raffinée

Au terme des essais, on a découvert que l'huile de balanites restait stable, par comparaison à l'huile de tournesol et à l'huile d'olive chauffée à forte température ($200^{\circ}\text{C} + 10^{\circ}\text{C}$) sur une longue période c'est-à-dire une heure.

Le point de fumée de l'huile de balanites se situe entre 233 et 235°C , température bien plus élevée que celle auquel se situe le point de fumée de l'huile de graine de coton et de l'huile d'arachide (voir tableau 5.4.1). Il semblerait que l'on puisse attribuer ceci au fait que l'huile de balanites a une faible teneur en acide gras libre.

Tableau 5.4.1

Comparaison entre les points de fumée et la teneur en acide gras libre de plusieurs huiles comestibles

Graisse	Point de fumée ($^{\circ}\text{C}$)	Acide gras libre (pourcentage en poids en acide oléique)
Graisse produite à la vapeur	189	0,33
Saindoux obtenu par le traitement continu	215	0,11
Huile de graine de coton	229	0,12
Huile de balanites	223	0,12

On a entrepris des expériences comparées de friture avec de l'huile de balanites raffinée, de l'huile de graine de coton raffinée et de l'huile d'arachide raffinée. On a déterminé le nombre de fois que l'on peut utiliser de l'huile de friture avant que la mousse ne se forme, considérant le point final auquel une quantité suffisante de mousse recouvre le produit frit et se maintient en l'état durant plus de cinq minutes. On a découvert que chacune des trois huiles susmentionnées pouvait être utilisée trois fois avant que la mousse ne se forme.

Figure 5.3

Questionnaire sur la réaction des consommateurs
à la consommation de l'amande de balanites grillée

1. Sexe (masculin , féminin) Age
2. Profession
3. Avez-vous déjà entendu parler du produit de l'amande de balanites (Damlouge) ?

Oui , Non
4. Que pensez-vous du produit fourni ?
 - a) Goût (beaucoup de goût ; du goût ; autre réponse
 - b) Odeur c) Apparence extérieure
 - d) Qualité (élevée ; bonne ; acceptable ;
inacceptable : pourquoi ?
5. Préférez-vous ce produit à d'autres produits analogues (par exemple cacahuètes) ?

Oui , Non
6. Quel devrait être, d'après vous, le prix de l'échantillon distribué qui pèse 25 grammes ?
7. Observations :
-
-

5.4.2 Etude de marché de l'huile de balanites raffinée

Le questionnaire relatif au "test hédonique" porte à la fois sur l'huile de balanites raffinée et sur l'huile de graine de coton raffinée. Le tableau 5.4.2 donne une idée de l'appréciation des consommateurs sur les deux huiles susmentionnées utilisées pour faire frire du poisson et de la pomme de terre.

Tableau 5.4.2

Test hédonique : appréciation des consommateurs sur l'huile de balanites et sur l'huile de graine de coton utilisées pour faire frire du poisson et de la pomme de terre

Appréciation	Huile de friture	
	Huile de balanites	Huile de graine de coton
Très appréciée	35 %	30 %
Appréciée	34 %	34 %
Modérément appréciée	19 %	25 %
Ne se prononcent pas	3 %	2 %
Moins que modérément appréciée	2 %	2 %
Nullement appréciée	7 %	7 %

5.5 Utilisation de l'huile brute de balanites pour la production de savon

On a utilisé de l'huile brute de balanites pour fabriquer du savon de ménage (section 4.3.2). Le savon obtenu mousse parfaitement et constitue un excellent détergent (voir section 4.3.2.1).

D'après les responsables de l'évaluation le savon de ménage obtenu à partir du fruit de balanites est satisfaisant à 80 % du fait qu'il constitue un excellent détergent et qu'il a un très bon pouvoir moussant.

Chapitre 6

ASPECTS ECONOMIQUES DU TRAITEMENT DU FRUIT DE BALANITES

6.1 Débouchés du mésocarpe de balanites

Le mésocarpe de balanites, qui représente entre 28 et 33 % en poids de l'ensemble du fruit de balanites, aurait d'importants débouchés dans les industries de la fermentation et des stéroïdes et, dans une certaine mesure, dans l'industrie des aliments pour animaux. Sur les 400 000 tonnes de fruit de balanites que le Soudan produit par an, quelque 120 000 tonnes de mésocarpe peuvent être exploitées par ces secteurs de l'industrie. Le mésocarpe de balanites pourrait trouver des débouchés dans l'un et l'autre des secteurs suivants :

- a) Utilisation directe dans l'industrie des aliments pour animaux et en particulier pour la volaille;
- b) Industries de la fermentation et des stéroïdes.

6.1.1 Utilisation directe du mésocarpe de balanites

Le mésocarpe de balanites dont la teneur en hydrates de carbone est très élevée puisqu'elle représente 65 % en poids, et dont la teneur en protéines est de 5,5 % en poids, peut être directement utilisé dans l'alimentation des animaux et de la volaille. On peut l'incorporer dans des aliments prémélangés ou la pulvériser sur les déchets ou les mélanges de céréales destinés à l'alimentation des animaux d'une manière générale et de la volaille en particulier. Le mésocarpe ayant un goût agréable, les animaux l'apprécient d'autant plus et s'alimentent volontiers des déchets de mauvaise qualité contenant une certaine proportion de ce produit. On peut incorporer jusqu'à 40 % en poids de mésocarpe de balanites dans les rations destinées à l'engraissement du bétail.

Incorporée dans les rations destinées au bétail, la molasse de canne à sucre donnerait de très bons résultats. La ration suivante utilisée par Cleasby⁽¹⁰⁾ permet d'obtenir une augmentation du poids vif d'environ 1 kilogramme par tête et par jour.

Molasse	40 % en poids
Maïs	35 % "
Moelle de bagasse	12 % "
Tourte d'huile de noix	8 % "
Urée	2 % "
Minéraux, vitamines et oligoéléments	3 % "

On a utilisé avec succès la formule suivante à raison de 10 % d'incorporation dans la ration destinée aux pondeuses et de 5 % dans la ration destinée aux poussins :

<u>Ingrédients</u>	<u>kg/1 000 kg de ration</u>	
	<u>Ration pour poussins</u>	<u>Ration pour pondeuses</u>
Blé d'Espagne	500	400
Autres céréales et sous-produits	75 - 85	75 - 85
Tourteaux d'oléagineux (arachides, graines de coton)	230 - 240	210 - 230
Protéines animales (essentiellement poissons)	35 - 45	45 - 55
Additifs minéraux	15 - 20	110 - 120
Vitamines et oligoéléments	3 - 4	3 - 4
Sucre	0 - 50	30 - 50
Molasse	0 - 5	0 - 10

6.1.2 Utilisation du mésocarpe de balanites dans les industries de la fermentation et des stéroïdes

Convenablement dilué et fermenté, le mésocarpe de balanites permet d'obtenir essentiellement de l'alcool éthylique et de l'acide carbonique ainsi que d'autres produits tels que de l'alcool amylique, du glycérol et de l'acide succinique. On récupère la diosgénine (qui est une sapogénine stéroïde) à partir de la pâte fermentée après distillation de l'alcool et hydrolyse de la saponine stéroïde. Enfin, la pâte restant subit une opération d'évaporation jusqu'à un total de 60 % en poids de solides, appelés résidus et utilisés dans l'alimentation des animaux.

La fermentation de 120 000 tonnes de mésocarpe de balanites permet d'obtenir plus de 27 000 tonnes d'éthanol, 15 000 tonnes d'acide carbonique, 1 200 tonnes de diosgénine, 25 000 tonnes d'aliments pour animaux et 120 tonnes d'alcool amylique.

6.1.2.1 L'éthanol et son utilité

La fabrication de carburants alcooliques à partir de matières premières saccharifères suscite désormais un intérêt croissant dans le monde dans la mesure où elle contribue à la résolution des problèmes que soulève la pénurie d'énergies liquides. C'est ainsi qu'on utilise de plus en plus l'éthanol comme additif dans l'essence pour en augmenter la teneur en octane. De la même façon, on utilise de plus en plus l'éthanol comme solvant dans l'industrie et dans les laboratoires

de chimie. En revanche, on ne saurait envisager de fabriquer de si tôt des produits chimiques tels que l'acétaldéhyde et l'acide acétique à partir de l'éthanol substitué à l'éthylène.

Dans l'industrie, la demande d'éthanol est supérieure à un milliard de litres par an. A l'heure actuelle, les ressources en carburants alcooliques avoisinent 400 millions de litres par an. On estime qu'il est possible de produire environ deux milliards de litres d'éthanol par an à partir du mésocarpe de balanites. Ces estimations reposent sur le fait que le mésocarpe de balanites contient 56 % en poids de sucre fermentable, autrement dit $120\ 000 \times 56/100$, soit 67 200 tonnes de sucre. En théorie, il serait possible de produire 48 % d'alcool, soit 32 256 tonnes. A supposer que soit atteint le chiffre de 85 % d'alcool, on obtient alors 27 500 tonnes, ce qui représente l'équivalent de $27\ 500 \times 1\ 000$ (kg) $\times 0,79$ (litres)/4,5 gallons impériaux (soit deux milliards de litres).

L'éthanol (alcool éthylique ou alcool de céréale) a de multiples applications dont les plus importantes sont les suivantes :

- a - En tant que combustible :
 - i) utilisé dans l'alimentation des poêles de petite dimension et conçu pour assurer une combustion inodore et sans fumée;
 - ii) dans l'alimentation des lampes à alcool, source de lumière;
 - iii) comme source d'énergie dans les cas où l'alcool absolu est mélangé à du pétrole.
- b - A usages divers : comme antiseptique dans les hôpitaux et comme composé organique polyvalent dans les laboratoires.
- c - Comme solvant : dans la teinture ou pour fabriquer de la nitro-cellulose, des laques et des émaux, des médicaments et des produits chimiques.
- d - Comme matière première : dans l'industrie chimique.

D'après des estimations datant de 1980⁽²⁸⁾, l'éthanol est essentiellement utilisé comme suit :

Produits intermédiaires, aldéhyde éthylique, vinaigre	40 % en poids
Cosmétiques et produits pharmaceutiques.	28 % "
Produits de nettoyage et solvants	16 % "
Enduits	13 % "

L'augmentation considérable du prix du pétrole a conduit les pays en développement à étudier le remplacement de ce produit par un mélange d'alcool et d'essence pouvant être utilisé comme carburant dans les automobiles. Ainsi que le montrent des essais effectués sur le terrain⁽³⁾, le mélange d'éthanol et de méthanol constituerait une solution infiniment plus économique que celle du pétrole dépourvu de plomb :

	Conduite en ville		Conduite sur route	
	km/10 ⁶ kJ	km/litre	km/10 ⁶ kJ	km/litre
Essence sans plomb	240	(7,513)	290	(9,078)
Ethanol	281	(6,182)	330	(7,260)
Méthanol	290	(4,573)	345	(5,440)

On trouvera ci-après certaines données sur les principales caractéristiques des mélanges d'éthanol et d'essence⁽³⁾ :

Composition du mélange éthanol/essence						
Poste	Unité	0/100	10/90	20/80	30/70	100/0
		Eth./Ess.	Eth./Ess.	Eth./Ess.	Eth./Ess.	Eth./Ess.
Valeur calorifique inférieure	kJ/kg	42 680	41 050	39 430	37 850	26 800
Densité à 15,5°C	kJ/l	0,7335	0,7375	0,7448	0,7519	0,7439
Expansion volumétrique	%	0	0,24	0	0	0
Taux d'octane	-	95	96,7	98,3	100	106
Consommation indicative de carburant	l/100 km	9,0	8,9	9,2	10,3	12,3

Eth. = Ethanol

Ess. = Essence

6.1.2.2 La diosgénine et l'industrie des stéroïdes

Les médicaments stéroïdes occupent la deuxième place après les antibiotiques dans l'industrie pharmaceutique mondiale⁽¹⁾. Les principaux médicaments stéroïdes sont les corticostéroïdes, les contraceptifs, les hormones sexuelles et les agents anaboliques. Ces médicaments sont essentiellement fabriqués par synthèse partielle à partir de stéroïdes d'origine végétale; il est néanmoins possible de fabriquer des médicaments stéroïdes par synthèse totale et, dans une moindre mesure, par extraction à partir de sources naturelles autrement dit à partir d'organes d'animaux. A l'heure actuelle, les stéroïdes d'origine végétale constituent l'essentiel des matières premières utilisées dans l'industrie pharmaceutique et extraites à partir de végétaux supérieurs.

Jusqu'à 1975, la diosgénine était la principale matière première végétale stéroïde utilisée dans la fabrication de médicaments stéroïdes par synthèse partielle (voir tableau 6.1.2.2.1). Puis, à la suite des événements survenus au Mexique et de l'augmentation consécutive du prix de la diosgénine, lequel devait atteindre 140 dollars le kilo, les multinationales ont commencé à utiliser des stérols végétaux et à recourir à la méthode de la dégradation microbienne. On ne saurait toutefois écarter un retour en force de la diosgénine qui, vendue à un prix peu élevé et dans l'hypothèse d'une stabilisation de l'offre, pourrait de nouveau dominer le marché des stéroïdes.

La consommation mondiale de stéroïdes n'a cessé d'augmenter (voir tableau 6.1.2.2.2); elle a ainsi atteint 2 100 tonnes en équivalent de diosgénine en 1980. On estime que les ressources de diosgénine de balanites que renferme le Soudan pourraient couvrir la moitié de la demande mondiale soit 1 200 tonnes, et ce, à un prix aussi peu élevé que 30 dollars le kilo. Ces calculs reposent sur l'hypothèse que le mésocarpe de balanites a une teneur minimale en diosgénine de 2 % en poids. 120 000 tonnes de mésocarpe donneraient donc 2 400 tonnes de diosgénine et, à supposer que l'on ne puisse en récupérer que 50 %, 1 200 tonnes.

Ces dernières années, le prix de la diosgénine a connu des fluctuations (voir tableau 6.1.2.2.3) que l'on peut attribuer à l'instabilité de l'offre de diosgénine sur le marché des stéroïdes.

La figure 6.1.2.2.1 donne la production mondiale de l'ensemble de l'industrie des stéroïdes (1963-1976). La figure 6.1.2.2.2 montre l'augmentation de la consommation mondiale des principaux médicaments stéroïdes (1963-1980). La figure 6.1.2.2.3 reflète la fluctuation des prix mondiaux de la diosgénine d'origine chinoise entre 1976 et 1982.

Tableau 6.1.2.2.1

Production mondiale de stéroïdes en équivalent
en tonnes de diosgénine et pourcentage

Stéroïde	1963	1968	1973	1974	1975	1976
Diosgénine (Mexique)	375(75)	500(50)	570(42)	600(43)	550(36)	400(25)
Autres sapogénines	40(8)	210(21)	290(22)	200(14)	215(14)	230(14)
Stigmastérol	60(12)	150(15)	280(21)	350(25)	385(26)	460(28)
Sitostérol	-	-	-	-	70(5)	165(10)
Cholestérol	5(1)	10(1)	-	-	-	30(2)
Acides biliaires	20(4)	50(5)	50(4)	90(6,5)	123(8)	156(10)
Synthèse totale	-	80(8)	150(11)	160(11,5)	170(11)	180(11)
Total	500	1 000	1 340	1 400	1 513	1 621

Tableau 6.1.2.2.2

Consommation mondiale de stéroïdes destinés à la fabrication des médicaments
en équivalent en tonnes de diosgénine et pourcentage

Année	Cortico- stéroïdes	Contraceptifs	Hormones sexuelles	Spiranolactone	Total
1963	275(55)	91(18)	86(17)	48(10)	500
1968	629(63)	195(19,5)	116(11,5)	60(6)	1 000
1973	844(63)	200(15)	131(10)	165(12)	1 340
1976	1 025(63)	235(15)	162(10)	199(12)	1 621
1977	1 096(63)	252(14,5)	169(10)	218(12,5)	1 735
1978	1 141(62,5)	266(14,5)	176(9,5)	247(13,5)	1 830
1979	1 224(62,5)	280(14)	183(9,5)	273(14)	1 960
1980	1 295(62)	295(14)	190(9)	320(15)	2 100

Tableau 6.1.2.2.3

Prix de la diosgénine d'origine chinoise
en dollars des Etats-Unis/kg

<u>Année</u>	<u>Prix</u>	<u>Année</u>	<u>Prix</u>
Janvier 1976	140	Janvier 1979	30
Avril 1977	125	Mai 1980	20-25
Décembre 1977	50	Janvier 1981	20-30
Août 1978	55	Juin 1982	40-45

Figure 6.1.2.2.1.

Production mondiale de stéroïdes

(1963-1976)

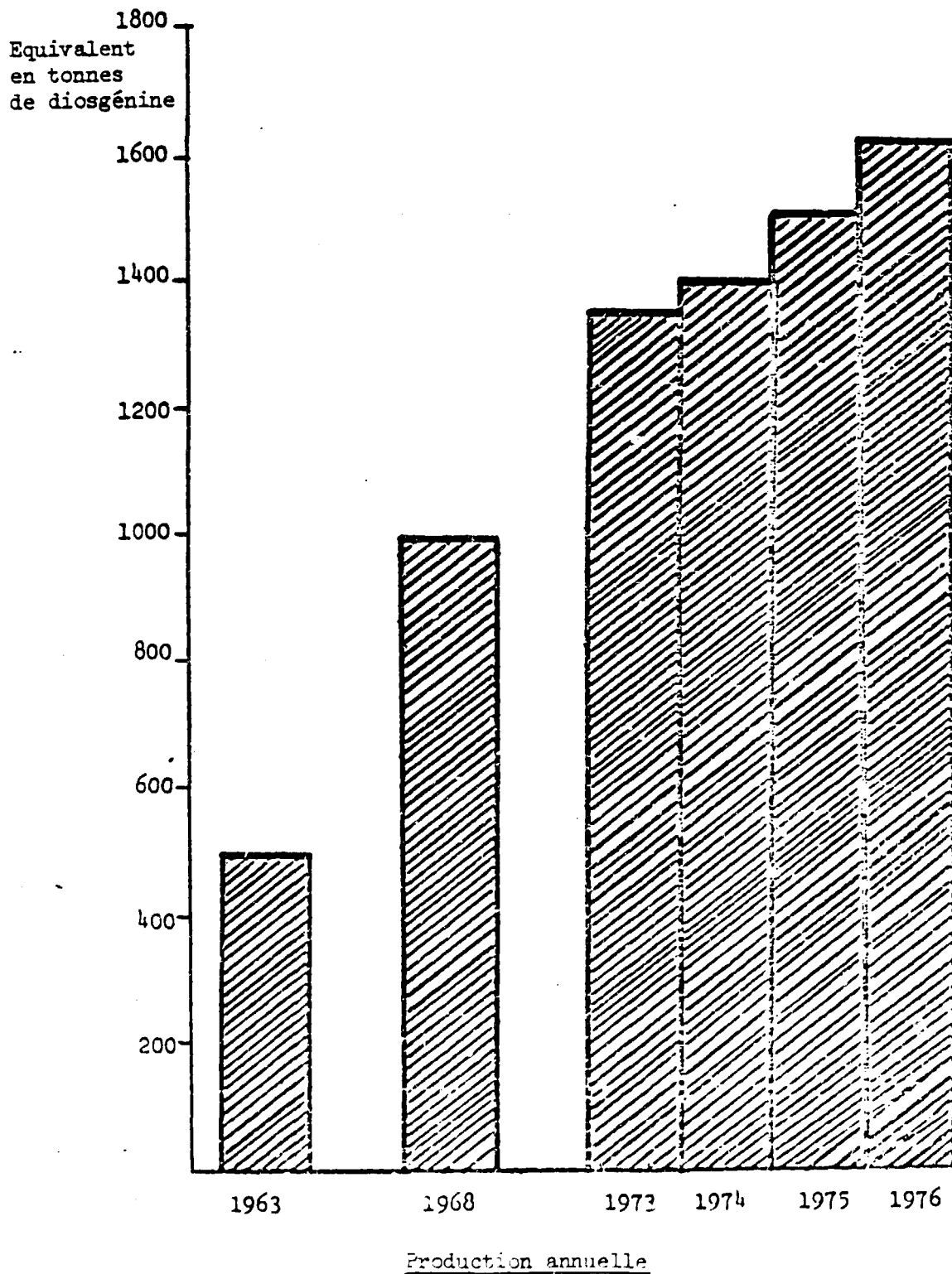


Figure 6.1.2.2.2

Consommation mondiale des principaux stéroïdes
destinés à la fabrication des médicaments

(1963-1980)

Equivalent
en tonnes
de diosgénine

- A = Corticostéroïdes
- B = Spiranolactones
- C = Contraceptifs
- D = Hormones sexuelles

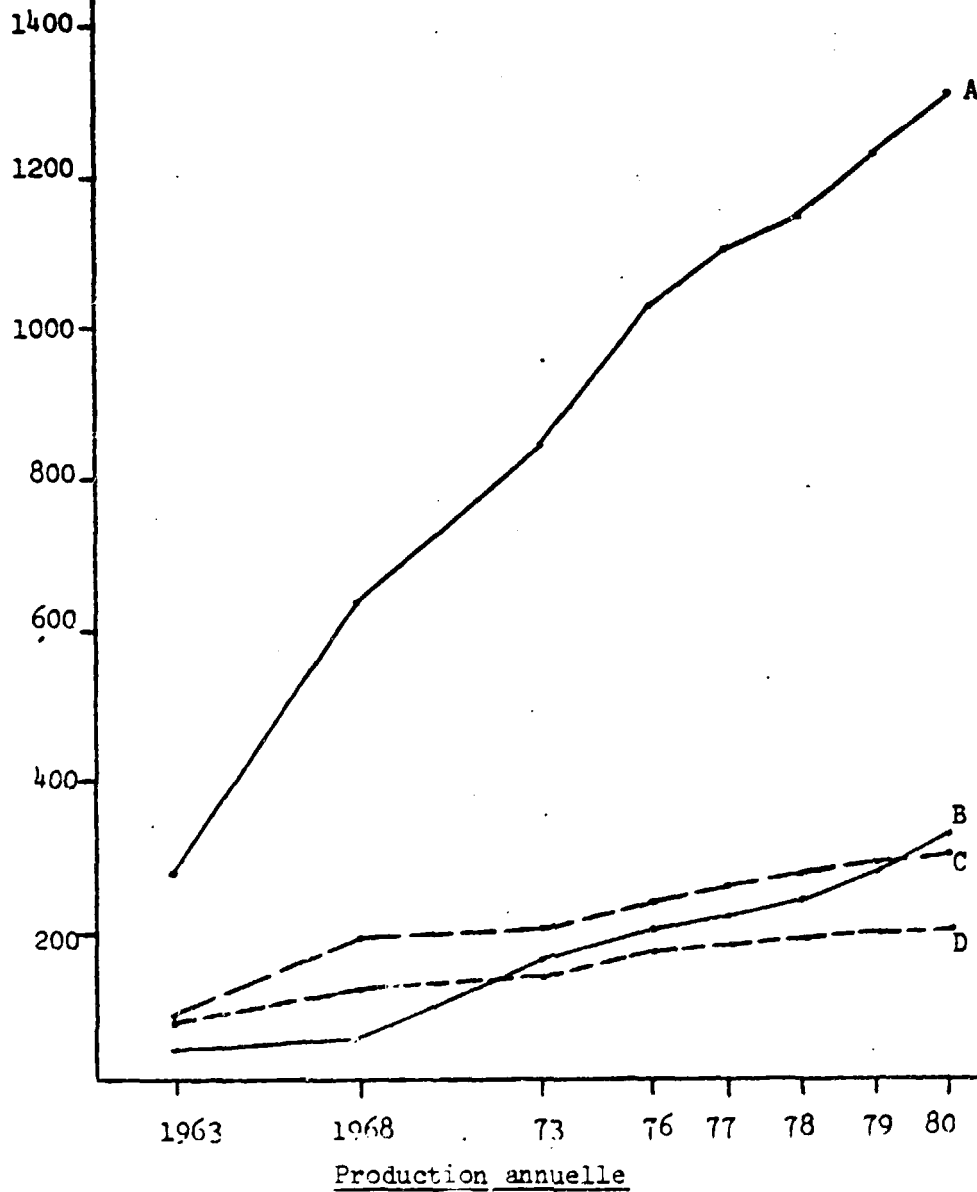


Figure 6.1.2.2.3

Prix de la diosgénine d'origine chinoise dans le monde
(1976-1982)



6.1.2.3 Acide carbonique

On estime qu'une tonne de mésocarpe de balanites permet d'obtenir 160 kg d'acide carbonique dont 80 % sont récupérés. Le rendement serait donc de $120\ 000 \times 160 \times 80/1000 \times 100$, soit de 15 360 tonnes d'acide carbonique. Le produit est alors compressé pour obtenir de l'acide carbonique condensé qui est très largement utilisé dans la fabrication des boissons carbonatées, des produits pour extincteurs et des produits de conservation des aliments.

6.1.2.4 Alcool amylique

Il s'agit d'un alcool à haute teneur ayant un point d'ébullition situé entre 90 et 150°C; recueilli dans une colonne de rectification, il est essentiellement composé d'alcools amylique et isoamylique. On l'utilise comme solvant dans la fabrication des laques. On estime que le rendement en alcool amylique du mésocarpe de balanites est de 0,1 %, soit 120 tonnes ($120\ 000 \times 0,1/100$).

6.1.2.5 Résidus (ou distillat)

On estime que la quantité de résidus obtenus est de neuf à dix fois supérieure à la quantité d'éthanol produit, soit environ 2 500 tonnes et que ces résidus contiennent entre 6 et 7 % en poids de solides. La réduction de ce volume à 60 % en poids de solides permettrait d'obtenir 25 000 tonnes d'aliments pour animaux que l'on pourrait incorporer à raison de 20 % en poids dans les rations destinées au bétail et de 15 % en poids dans les rations destinées à la volaille.

6.2 Débouchés de la coque de balanites

La coque de balanites représente environ 50 % en poids de l'ensemble du fruit. On estime que le Soudan pourrait produire 200 000 tonnes de coque de balanites par an. L'utilisation de la coque de balanites comme combustible dans la fabrication du charbon de bois ou, dans un autre domaine, dans celle du contre-plaqué permettrait à coup sûr de rentabiliser davantage le traitement du fruit de balanites. A noter à cet égard que les résidus excédentaires du mésocarpe de balanites peuvent être utilisés comme liant dans la fabrication des blocs de charbon de bois.

Pour ce qui est de la coque de balanites considérée comme source de combustible, on estime que son pouvoir calorifique représente à peu près la moitié du pouvoir calorifique du mazout qui coûte environ 200 dollars des Etats-Unis la tonne. Le prix d'une tonne de coque de balanites équivaldrait donc à 100 dollars des Etats-Unis. En ce qui concerne le charbon de bois, le prix actuellement pratiqué au Soudan est de 120 dollars des Etats-Unis la tonne; dans l'hypothèse où on peut

récupérer 50 % de charbon de bois à partir de la coque de balanites, une tonne de coque de balanites permet d'obtenir une demi-tonne de charbon de bois représentant 60 dollars des Etats-Unis. On obtient donc la valeur finale de 100 dollars des Etats-Unis x 200 000, soit 20 millions de dollars des Etats-Unis dans le cas de la coque de balanites à pouvoir calorifique élevé et 60 dollars des Etats-Unis x 200 000, soit 12 000 dollars des Etats-Unis dans le cas de la coque de balanites à faible pouvoir calorifique. A noter toutefois que pour fabriquer du charbon de bois activé, il faut utiliser de la coque de balanites à pouvoir calorifique élevé.

6.3 Débouchés de l'amande de balanites

L'amande de balanites représente de 8 à 12 % en poids de l'ensemble du fruit, soit environ 10 % en moyenne en poids. Pour le Soudan, le volume annuel des ressources en amande de balanites représente $400\ 000 \times 10/100 = 40\ 000$ tonnes. Il ressort des expériences qui ont été faites (voir tableau 3.3.2.2) que la proportion d'huile brute obtenue à partir de l'amande de balanites est de 36,5 % en poids et donc de 34 % en poids au raffinage, si l'on considère que cette opération entraîne une perte de 7,8 % en poids (voir tableau 4.3.1); en ce qui concerne les tourteaux obtenus à partir de l'amande, ce pourcentage est de 60 % en poids (voir tableau 3.3.2.2). On obtient donc un volume annuel potentiel de $40\ 000 \times 34/100$, soit 13 600 tonnes d'huile raffinée et de $40\ 000 \times 60/100$, soit 24 000 tonnes de tourteaux d'amande. A l'heure actuelle, le prix pratiqué au Soudan est de 700 à 1 000 dollars des Etats-Unis la tonne d'huile de sésame ou de cacahuète raffinée et de 170 à 200 dollars des Etats-Unis la tonne de tourteaux d'arachide. Si l'on se base sur le prix le plus faible, on peut s'attendre à des recettes de $13\ 600 \times 700$ dollars des Etats-Unis, soit 9 520 000 dollars des Etats-Unis pour l'huile de balanites raffinée et de $24\ 000 \times 170$ dollars des Etats-Unis, soit 4 080 000 dollars des Etats-Unis pour le tourteau d'amande de balanites.

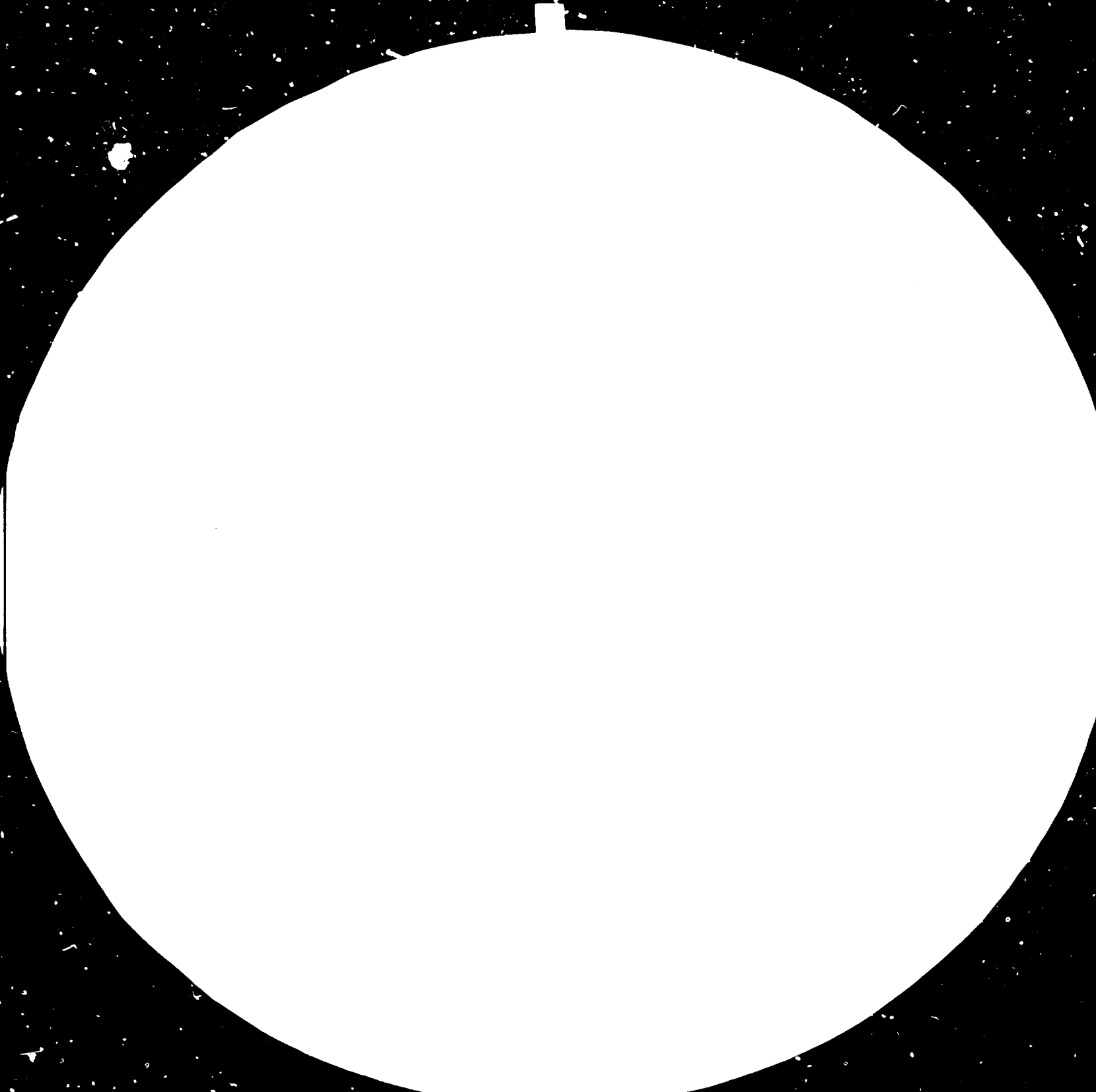
6.3.1 Production mondiale d'oléagineux (16, 43, 44)

La production mondiale des principaux oléagineux augmente sans arrêt, ce qui reflète bien la persistance de la demande d'oléagineux et des produits d'oléagineux. Le tableau 6.3.1 donne la production mondiale des principaux oléagineux de 1970 à 1981. La figure 6.3.1 donne la production mondiale totale des principaux oléagineux sur les 15 dernières années, soit entre 1965 et 1980. A noter toutefois que le prix des oléagineux est demeuré relativement constant.

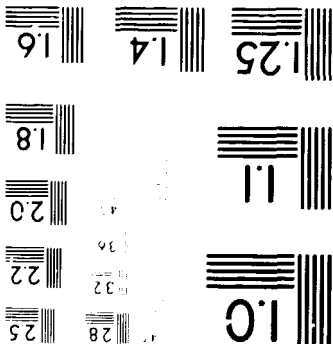
84.10.18

AD.86.07

1115.5+10



MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART
NATIONAL BUREAU OF STANDARDS
STANDARD REFERENCE MATERIAL 1010A
PART 1 OF TEST CHART NO. 25



C'est ainsi que le prix de la graine de soja était de 134,2 £ la tonne en 1976 et de 131,7 £ la tonne en 1980 (source : Franck Fehr and Company Limited, Londres, 1980).

Au Soudan, la production des principaux oléagineux est demeurée pratiquement constante au cours des cinq dernières années (voir figure 6.3.1.a). En réalité, la production mondiale d'oléagineux baisse légèrement (voir figure 6.3.1.b). On envisage néanmoins de renforcer la production d'oléagineux au Soudan.

Tableau 6.3.1

Production mondiale des principaux oléagineux
(en millions de tonnes)
(1970-1981)

	<u>1970</u>	<u>1975</u>	<u>1979</u>	<u>1980</u>	<u>1981</u>
Graine de soja	46,5	68,4	89,0	80,9	87,9
Arachide	18,4	19,1	18,3	17,1	19,4
Tournesol	9,9	9,6	15,3	13,5	13,8
Graine de colza	6,7	8,1	10,5	10,6	12,1
Sésame	2,2	2,0	2,0	1,8	2,0
Huile de carthame	0,7	1,0	1,0	0,9	0,9
Graine de coton	22,2	23,0	26,8	27,0	29,0
Noix de coco	26,3	29,6	34,0	35,2	36,7
Amande de palme	1,2	1,5	1,7	1,8	1,9

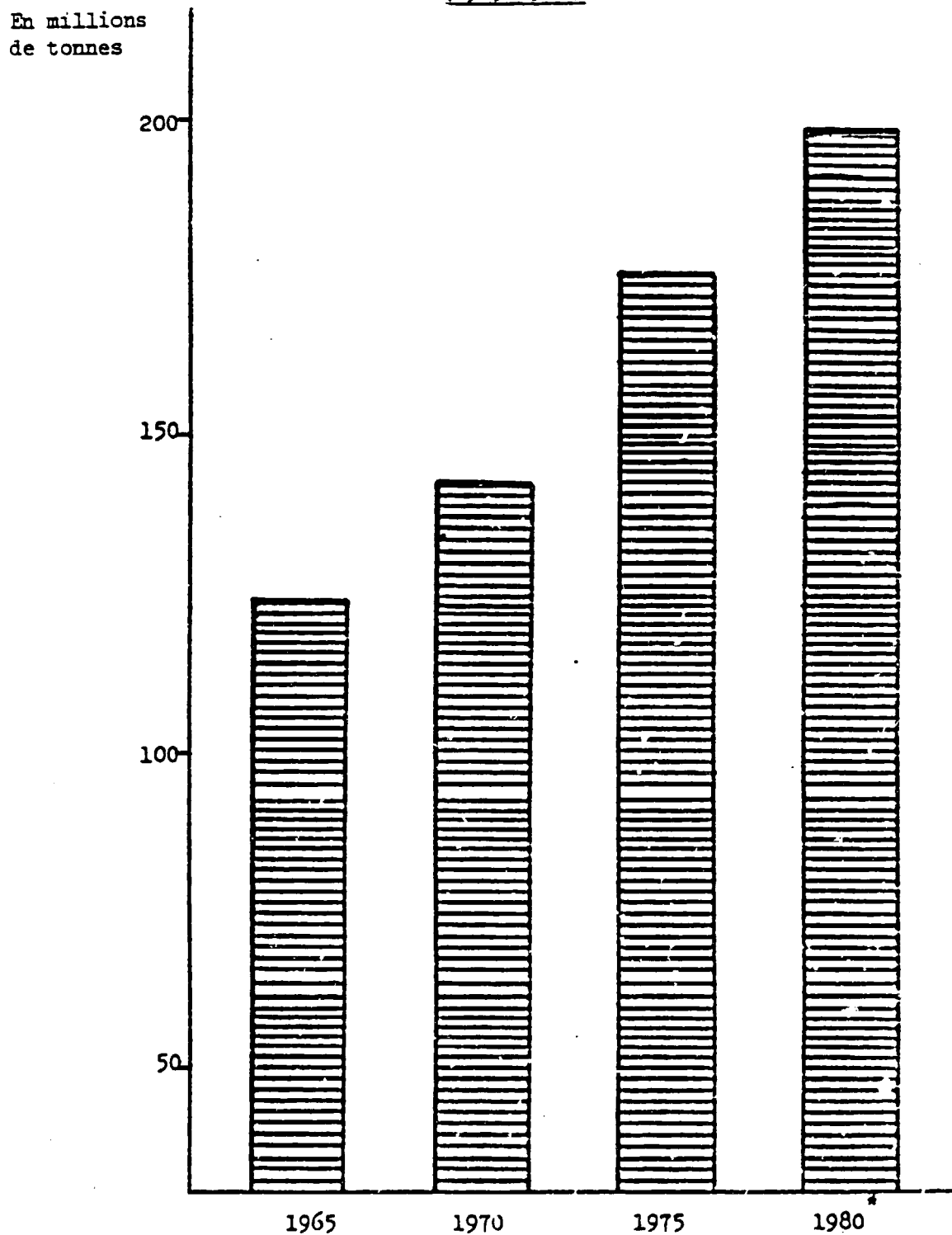
6.3.2 Le marché mondial des produits d'oléagineux (16, 43, 44)

Le développement continu des industries de la margarine, du savon et des détergents qui utilisent des mélanges de divers acides gras devrait normalement se traduire par un accroissement de la demande d'huiles raffinées. L'industrie des tourteaux d'oléagineux s'intéresse quant à elle de plus en plus à la fabrication de protéines destinées à la consommation humaine et appelées à remplacer les protéines d'origine animale. On note par ailleurs un renforcement de la recherche relative à la mise au point de produits protéiques fabriqués à partir de tourteaux d'oléagineux et destinés à divers secteurs de l'industrie tels que l'industrie des boissons ou celle de la farine. D'une manière générale, on

Figure 6.3.1

Production totale mondiale des principaux oléagineux

(1965-1980)



* Moyenne sur trois années (1979, 1980, 1981).

Figure 6.3.1.a

Production des principaux oléagineux au Soudan

(1977-1981)

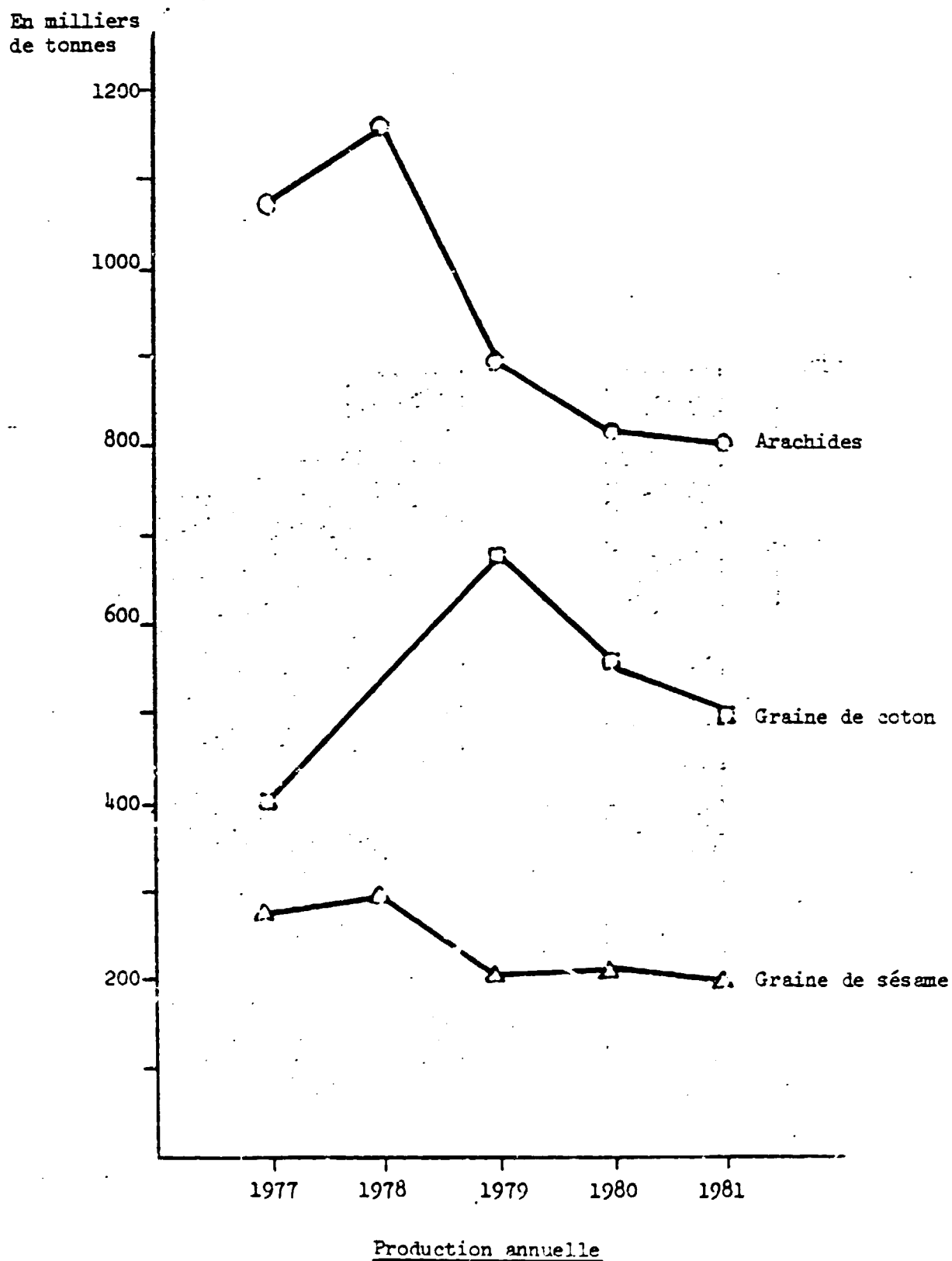
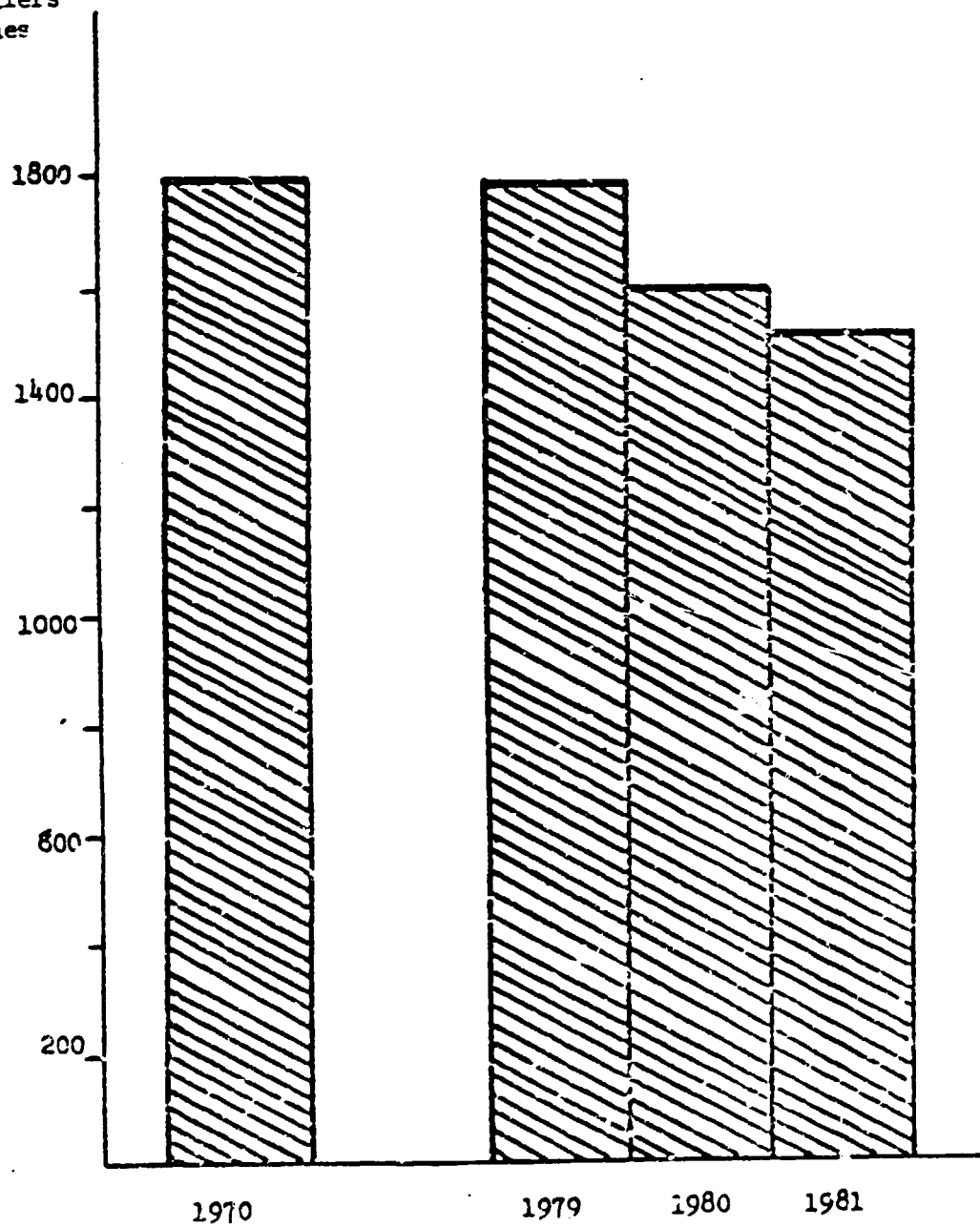


Figure 6.3.1.b

Production totale d'oléagineux au Soudan
(1970-1981)

En milliers
de tonnes



Production annuelle

s'attend à un accroissement non négligeable de la demande de produits d'oléagineux dans les années à venir. Quant aux prix des produits d'oléagineux, ils n'augmentent que dans de faibles proportions.

Le tableau 6.3.2 indique la production mondiale des principales huiles végétales. Le prix de certaines huiles végétales et de certains tourteaux figure aux tableaux 6.3.2.a et 6.3.2.b, respectivement (source : Frank Fehr and Company Ltd., Londres, 1980). On trouvera au tableau 6.3.2.c le dernier prix des produits d'oléagineux (source : Chemical Market, 23 août 1982).

Tableau 6.3.2

Production mondiale des principales huiles végétales
(1978-1980)

Huile	Production en milliers de tonnes		
	1978	1979	1980
Graine de soja	11 803	12 610	13 400
Arachide	2 530	2 846	2 600
Tournesol	4 360	4 720	4 900
Graine de coton	3 026	3 000	3 200
Graine de colza	2 822	3 500	3 600
Noix de coco	2 856	2 550	2 750
Amande de palme	495	568	580
Sésame	610	615	625

Tableau 6.3.2.a

Prix mondial moyen de certaines huiles végétales
(1976-1980)

Huile	Prix (£/tonne)				
	1976	1977	1978	1979	1980
Graine de soja	264,00	326,49	263,12	357,03	284,44
Arachide	422,40	544,44	569,29	420,06	590,50
Amande de palme	257,50	348,69	370,37	464,95	345,72

Tableau 6.3.2.b

Prix mondial moyen de certains tourteaux d'oléagineux
(1977-1980)

Tourteau	Prix (dollars E.-U./tonne)			
	1977	1978	1979	1980
Graine de soja	204	250	258	362
Graine de coton	184	183	202	245
Arachide	182	207	224	265

Tableau 6.3.2.c

Derniers prix mondiaux (dollars E.-U./tonne)
de certains produits d'oléagineux
(août 1982)

1. Huiles végétales brutes

Arachide	515,2
Graine de coton	448,0
Cacahuète	492,8
Graine de soja	403,2

2. Tourteaux d'oléagineux

Graine de coton	145,0
Cacahuète	170,0
Graine de soja	166,0

6.4 Valeur nette des produits obtenus à partir du fruit de balanites

Après traitement, les ressources du Soudan en fruit de balanites, lesquelles sont de 400 000 tonnes par an, devraient permettre d'obtenir les valeurs brutes suivantes :

<u>Produit</u>	<u>Rendement</u>	<u>Prix unitaire</u> <u>(en dollars E.-U.)</u>	<u>Valeur brute</u> <u>(en dollars E.-U.)</u>
Ethanol	5 000 000 de gallons	1,5	7 500 000
Diosgénine	1 200 tonnes	30 000	36 000 000
Acide carbonique	15 000 tonnes	750	11 250 000
Acide amylique	120 tonnes	720	86 400
Résidus	25 000 tonnes	25	625 000
Coque de balanites	200 000 tonnes	60	12 000 000
Huile de balanites	13 600 tonnes	700	9 520 000
Tourteaux de balanites	24 000 tonnes	170	4 080 000
			<hr/>
			Valeur brute totale
			81 061 400
			<hr/> <hr/>

Si l'on se base sur le prix du fruit de balanites actuellement pratiqué au Soudan, lequel est de 3 dollars pour 80 kg de fruit, autrement dit 37,5 dollars la tonne, 400 000 tonnes de fruit représentent une valeur de 15 millions de dollars. Si l'on tient compte du fait que le coût du traitement représente 50 % de la valeur brute totale, autrement dit 40 530 700 dollars des Etats-Unis, le prix total du traitement s'élève à 15 000 000 + 40 530 700, soit 55 530 700 dollars. Le bénéfice net est donc de 81 061 400 - 55 530 700, soit 25 530 700 dollars par an.

Chapitre 7

DISCUSSION ET CONCLUSIONS

La présente étude met l'accent sur les possibilités d'utilisation industrielle du fruit de balanites dans l'alimentation et dans l'industrie des aliments pour animaux ainsi que dans le domaine des sous-produits de fermentation et des composés stéroïdes. Du fait de sa teneur en hydrates de carbone, la mésocarpe du fruit constitue un précieux apport pour l'industrie de la fermentation dans le domaine de la fabrication de produits tels que l'éthanol et les protéines de la levure; le mésocarpe est en outre utilisable dans la fabrication des aliments pour animaux. Quant à l'amande du fruit, elle peut se substituer, dans la consommation de ce type de produit par l'homme, à la noix comestible ou au beurre de cacahuète. Après pressage mécanique, l'amande permet d'obtenir environ 40 % en poids d'huile végétale comestible ou utilisable dans d'autres secteurs de l'industrie tels que l'industrie des savons. Le tourteau d'amande obtenu après pressage de l'huile se révèle mieux adapté que les autres tourteaux classiques d'oléagineux à l'alimentation des animaux. Enfin, les saponines stéroïdes du mésocarpe du fruit traitées par hydrolyse permettent d'obtenir des sapogénines, c'est-à-dire des diosgénines ou des yamogénines; il s'agit là d'un produit de base utilisé dans le monde entier comme précurseur dans l'industrie des stéroïdes pharmaceutiques, qu'il s'agisse des contraceptifs oraux, des corticostéroïdes et des hormones sexuelles. Ces saponines stéroïdes jouent en outre un grand rôle du fait de leur pouvoir molluscicide, dans la lutte contre l'escargot à bilharzies.

On peut en conclure que les produits industriels suivants ont une valeur économique dans le cadre du développement du traitement du fruit de balanites :

Diosgénine

Il s'agit là du produit le plus intéressant que permet d'obtenir le fruit de balanite puisque 1 200 tonnes de ce produit représentent une valeur marchande de 36 millions de dollars. En conséquence, il conviendrait de développer l'exploitation de ce produit et de lui trouver des débouchés appropriés. La fabrication d'intermédiaires stéroïdes à partir de la diosgénine et destinés à couvrir la demande de stéroïdes pharmaceutiques a un très grand avenir. En réalité, l'industrie pharmaceutique qui se développe dans la plupart des pays en développement ne pourrait qu'en tirer profit.

Coque de Balanites

La coque de balanites a elle aussi une réelle importance économique. Elle représente 50 % des possibilités offertes par l'exploitation du fruit; 200 000 tonnes de coques représentent une valeur de 12 millions de dollars. A l'état grossier, la coque de balanites peut être utilisée comme combustible dans le pays même et sur le lieu même de production, le reste pouvant être transformé fort utilement en charbon de bois activé. Comme la diosgénine, la coque de balanites est un excellent produit d'exportation.

Huile

La production d'huile de balanites, qui est de 13 600 tonnes et qui représente une valeur de 9 520 000 dollars, permettrait de satisfaire la demande d'huile végétale dans la zone de production; le Soudan pourrait ainsi réduire ses importations d'huile comestible.

Tourteaux d'amande et résidus de mésocarpe

L'exploitation des tourteaux d'amande dont la production s'élève à 24 000 tonnes (soit une valeur de 4 080 000 dollars) et des résidus du mésocarpe dont la production est de 25 000 tonnes (soit une valeur de 625 000 dollars) à partir du fruit de balanites est une excellente source d'alimentation des animaux dans les zones rurales situées dans le voisinage des lieux de production et dans lesquelles le bétail est essentiellement alimenté à partir d'herbe et de paille qui ne sont que des sources très limitées de protéines.

Ethanol

La production d'éthanol à partir du mésocarpe de balanites, laquelle atteint 5 000 000 de galons et qui représente une valeur de 7 500 000 dollars, permettrait de remédier à la pénurie d'alcools industriels que connaissent la parfumerie et certains autres secteurs au Soudan.

Acide carbonique

La fermentation du mésocarpe de balanites permet d'obtenir 15 000 tonnes d'acide carbonique, ce qui représente une valeur de 11 250 000 dollars; ce produit est parfaitement utilisable directement sur place dans l'industrie des boissons.

On a procédé à des essais de développement du traitement des fruits au Soudan, dont les ressources ont été estimées à 400 000 tonnes de fruits par an. L'exploitation industrielle de ces ressources devrait permettre de fabriquer des produits industriels représentant une valeur de 80 millions de dollars et permettant de réaliser des bénéfices nets annuels de 25 millions de dollars.

Les lignes directrices énoncées dans la présente étude sur l'exploitation rentable des ressources de balanites jusqu'alors fort négligées dans nombre de pays en développement et en particulier dans les pays situés dans la zone du Sahel pourraient inciter les services publics, les industriels et les investisseurs à participer à des programmes d'industrialisation appropriés ou à les financer.

En étudiant les multiples profits que permettrait de réaliser l'exploitation industrielle du fruit de balanites naturel dans nombre de pays en développement, les services publics devraient en particulier tenir compte de l'important problème que pose la désertification. C'est ainsi qu'au lieu d'abattre des arbres balanites pour en faire du bois de chauffage et par conséquent de favoriser le développement des zones désertiques dans les zones cultivables, il faudrait planter de nouveaux arbres balanites de façon rationnelle. L'adoption d'une telle politique forestière serait à l'évidence de nature à contenir la désertification à long terme tout comme à préserver les terres agricoles et à en augmenter la superficie. La coque de balanite obtenue comme sous-produit du traitement industriel permettrait de remplacer aisément le bois de chauffage jusqu'à présent obtenu par l'abattage des arbres.

En outre, l'adoption d'une telle politique forestière dont nous avons signalé l'importance ne manquerait d'offrir de considérables perspectives, notamment en favorisant la création d'industries de traitement de balanites.

Pour que les programmes d'exploitation industrielle de balanites puissent être adaptés à la conjoncture, il faudrait entreprendre, cas par cas, des études de faisabilité industrielle détaillées et exhaustives avant d'envisager tout investissement. L'ONUDI serait toute disposée à aider les pays en développement dans ce sens.

Chapitre 8

RECOMMANDATIONS

8.1 Poursuite des activités relatives au mésocarpe de balanites

La présente étude fait clairement ressortir que le mésocarpe de balanites offre d'immenses perspectives dans le domaine de la fabrication de la diosgénine qui est le produit le plus intéressant du fruit de balanites. En outre, des travaux récents ont permis de constater que le recours aux enzymes (44), l'incubation des matières premières végétales (45) et, tout près de nous, le recours aux résines silastiques et à la transformation biologique (46) permettraient d'obtenir un meilleur rendement en diosgénine.

8.1.1. Recommandations

Il est recommandé de renforcer les activités de développement relatives au mésocarpe du fruit de Balanites Aegyptiaca afin d'augmenter le rendement de la production de diosgénine que l'on obtient généralement par l'hydrolyse de l'acide associée à la production d'éthanol.

8.1.2 Marche à suivre :

Il est recommandé de suivre les étapes suivantes.

8.1.2.1 Essais préliminaires en laboratoire :

- a) Essais destinés à déterminer les effets de l'utilisation des enzymes, des méthodes d'incubation et de moulage ainsi que ceux des microbes sur l'augmentation du rendement du mésocarpe de balanites en diosgénine. Les essais relatifs à l'utilisation des résines silastiques porteurs d'enzymes ou des procédés de moulage devraient être étudiés afin de déterminer la méthode de fabrication de la diosgénine la plus économique.
- b) Sur la base des résultats obtenus aux termes des essais susmentionnés, il faudrait entreprendre des expériences qui permettent d'étudier simultanément la fabrication de l'éthanol et de la diosgénine afin de définir une méthode préliminaire du traitement du mésocarpe de balanites susceptible d'obtenir le maximum de diosgénine et d'éthanol.

8.1.2.2 Etude pilote :

Sur la base des résultats des expériences faites dans les conditions indiquées au paragraphe 8.1.2.1, il faudrait créer une installation pilote qui permette d'étudier les conditions techniques et économiques de la production de diosgénine et d'éthanol à partir du mésocarpe du fruit de balanites et ce en ayant recours aux techniques les plus récentes.

8.2 Renforcement des activités relatives aux procédés permettant de casser la graine de balanites et de séparer l'amande intacte du fruit

Il est question, dans la présente étude, de procédé permettant de casser la graine de balanites et de séparer l'amande de la coque. Toutefois, le procédé en question permet d'extraire l'amande sous forme de poudre que l'on peut alors parfaitement transformer en huile ou en tourteau. Il demeure que l'amande moulue ne se prête pas à la fabrication d'un produit comestible s'apparentant à la cacahuète ou à la noix puisque dans ce cas l'amande doit être intacte.

8.2.1 Recommandation :

Il est recommandé de mettre au point le procédé dont nous venons de parler de façon qu'il lui permette de casser le fruit de balanites tout en obtenant une amande intacte et non moulue. Il serait ainsi possible d'obtenir des amandes comestibles ayant une valeur commerciale relativement élevée.

8.3 Etude de faisabilité technico-économique

Le présent rapport a mis en évidence le rôle important que le fruit de balanites peut jouer dans un certain nombre de secteurs industriels, notamment dans l'industrie des huiles végétales, de l'alimentation des animaux et de la fermentation ainsi que dans l'industrie pharmaceutique et dans l'industrie des combustibles. L'information, les données et les éléments de base nécessaires au traitement du fruit de balanites ont été définis dans la présente étude.

8.3.1 Recommandation :

Il est recommandé de procéder à une étude de faisabilité technico-économique qui permette d'étudier l'utilisation la plus économique possible des ressources du Soudan en fruit de balanites et des ressources d'autres pays en développement ayant un grand avenir dans ce domaine.

8.3.2 Questions à examiner :

Les éléments suivants doivent être pris en considération :

- a) Deux produits de base importants et susceptibles d'être exportés, à savoir la diosgénine et le charbon de bois activé sont de nature à jouer un grand rôle dans l'industrie pharmaceutique et dans les autres secteurs de l'industrie chimique des pays en développement.
- b) Les produits de fermentation tels que l'éthanol et l'acide carbonique jouent un grand rôle dans l'industrie locale de la parfumerie et dans d'autres secteurs de l'industrie chimique.
- c) L'exploitation de l'huile végétale et des aliments pour animaux permettrait à la plupart des régions du Soudan qui disposent de ressources en balanites et à d'autres pays en développement qui sont dans ce cas d'être autosuffisants.
- d) L'exploitation de la partie la plus volumineuse du fruit, à savoir la coque, permettrait d'alimenter l'industrie locale en combustible, les excédents servant à fabriquer du charbon de bois activé, produit de base qui se prête parfaitement à l'exportation.

REFERENCES

1. AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY, Official and Tentative Methods, 1946.
2. AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY, Official and Tentative Methods, 1976, 3rd Ed.
3. ANON, "Effects of Blending Alcohol with Gasoline on Automotive Engines", University of Miami, Florida, U. S. Government Printing Office, Washington D.C., 1978, Ref. HCP/W1737-01/UC-96.
4. ARCHRIBALD, R. G. and TRANS, R., Soc. Trop. Med. Hyg., 1933-4, No. 27, p. 207.
5. ASATOOR, A. M. and KING, E. J.; Biochem, J., 1954, Vol. 56, p.44.
6. BHAKUNI, D. S., SATISH, S., SHUKLA, Y.N. and TANDON, J.S.; Phytochemistry, 1971, Vol. 10, pp. 2829-31.
7. BLUNDEN, G. and HARDMAN, R.: J. Chromatography, 1968, Vol.34, p. 507.
8. BRAIN, K.R., FAZLI, F.R.Y. and HARDMAN, R.: Phytochemistry, 1968, Vol.7, pp. 1815-23.
9. BROWN, G.D.; UNIDO Draft Final Report No. F/79/42, 1979.
10. CLEASBY, T.S.; "The Feeding Value of Molasses": Proc. 37th Ann. Congr. South African Sugar Technology: 1963, pp. 113-7.
11. COPPEN, J.J.W.; Tropical Science, 1979, 21 (3), pp. 125-141.
12. CORTESI, I.F.; Rass. Econ. Colon.; Italy; 1963, No. 14, p.71.
13. CROACH, P., Rev. Bot. Appl.; 1940, No.20, p. 578.
14. DANIEL SWEP^m, "Bailey's Industrial Oil and Fats Products", 3rd Edition, Interscience Publishers.
15. DAWIDAR, A.A.M; FAYEZ, M.B.E: Phytochemistry, 1969, Vol.8 (1), pp. 261-65.
16. FAO "Production Year Book", 1981, Vol.35, Rome.
17. FEIGENBAUM, J., "Food Technology", 1965, p.216.
18. HARDMAN, R.: SOFOWARA, E.A.; Economic Botany, 1962, Vol.26 (2) pp. 169-73.

19. HARDMAN, R.: Tropical Science, 1969, Vol. 11, No.3, pp. 207-9.
20. HARDMAN, R. and SOFOWARA, E A.: Phytochemistry, 1970, Vol. 9, pp. 645-9.
21. HARDMAN, R. and WOOD, C.N.: Phytochemistry, 1971, Vol. 10 (4), pp.887-9.
22. HARDMAN, R. and SOFOWARA, E.A., Planta Medica, 1971, Vol. 20, Issue (2) pp. 124-30.
23. HARDMAN, R. and WOOD, C.N.. Planta Medica, 1971, Vol. 20, Issue (4) pp. 350-356.
24. HARDMAN, R., SAUNDERS, R.P. and CHEETHAM, P.S.J. "42nd International Congress of Pharmaceutical Science", 6-10 September, 1982. Copenhagen.
25. IUPAC, "Standard Methods of Oil and Fat Division, 1974, Butterworths, London.
26. KOTLER, P.; "Marketing Management Analysis, Planning and Control", 1976, 3rd Ed., Prentice-Hall International Inc.
27. LANE-ENONE; J., Soc. Chem. Ind. (London) 1923, No. 42, p. 32T.
28. MAURICE PATURAU, J.: "By Products of the Cane Sugar Industry", Sugar Series 3, 1982, Elsevier Scientific Publishing Company, New York,.
29. MISRA, G.; NIGAM, S.K. and BHATNAGARA, S.C., "The Indian Journal of Pharmacy", 1975, Vol.37, No.4, pp.103-4.
30. OGNANOV, V., ELAMIN, M.E., TARANJISKA, R.B. and IVANOVA B.S.: Chimie Organique 1977, Vol.30, No.8, pp. 1121-24.
31. PEARSON, D., "The Chemical Analysis of Foods", 1970, 6th Edition, Churchill Publishers.
32. REVIEW AND COMPARATIVE ANALYSIS OF OILSEED RAW MATERIALS AND PROCESSES SUITABLE FOR THE PRODUCTION OF PROTEIN PRODUCTS FOR HUMAN CONSUMPTION: UNIDO Publication No. ID/126, August 1974.
33. ROSEDOWN'S MAXIOL LEAFLET No. 6-1166 Old Foundry, Cannon Street Hall, U.K.
34. ROSEDOWN'S CAGE D MAXOIL DUPLEX, List No. 1005, Old Foundry, Cannon Street Hall, U.K.
35. SAMOLS, E and HARRISON, J., "Glycogen and its Role in Physiology and Clinical Medicine, 1978, pp. 699-710.

36. SEDTAC, Industrial Processing of Groundnuts, UNIDO Publication, No. UNIDO/IOD.98, July 1978, p. 69.
37. SEIDA, A.A.: KINGHORN, A.D.: CORDELL, G.A. and FARNSWORTH, N.R., *Planta Medica* 1981, Vol. 43, pp. 92-103.
38. SOFOWARA, E. A.: Ph.D. Thesis, 1967, University of Nottingham.
39. SULIMAN, A.M. and JAKSON, J.K.: *Sudan Silva* 1959, No.9.
40. THEIME, J.G., *Coconut Oil Processing*, FAO Agricultural Development, 1968, pp. 185-6.
41. TREASE and EVANS, *Pharmacognosy Text Book*. 1978, 11th Edition Publishers Bailliere Tindall, London.
42. UNGER, R.H. and ORCI, L., *Physicl. Rev.* 1976, Vol. 56, pp. 778-826.
43. UNIDO Publication No. UNIDO/ICIS,46, 16 September, 1977.
44. UNIDO Publications No. UNIDO/IOD.250; 27 March 1979.
45. VARLEY, H: *Practical Clinical Biochemistry*, 1969, pp. 86-8, Interscience Books Inc., London
46. VARSHNEY, I.P. and VYAS, P., *Indian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 1979. pp. 122-3
47. WHO Bull., 1965 (33) p. 578.
48. WOODROOF, "Peanut Production Processing Products", 1966, pp.133-40, AVI Publishing Co.
49. ZWICH and Co., K.G., West Germany, Determination of Hardness of Rubber According to Shore A, Zwich Hardness Tester 3101.

