

ROYAUME DE BELGIQUE
Ministère des Colonies

KONINKRIJK BELGIË
Ministerie van Koloniën

Bulletin Agricole du Congo Belge

Landbouwkundig Tijdschrift

voor Belgisch-Congo

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

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

DIRECTEUR GENERAL: M. VAN DEN ABBEELE

Vol. XXXVIII - N° 1

MARS 1947
AART

4 FASCICULES PAR AN
NUMMERS PER JAAR



(Cliché « Service de l'Information »)

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

RÉDACTION ET ADMINISTRATION :
Place Royale, 7 - Bruxelles

REDACTIE EN ADMINISTRATIE :
Koningsplein, 7 - Brussel

Sommaire du numéro 1 - 1947

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

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

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

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

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

BULLETIN AGRICOLE DU CONGO BELGE LANDBOUWKUNDIG TIJDSCHRIFT VOOR BELGISCH-CONGO

N^o 1

MARS
JAART 1947

Vol. XXXVIII

Le **Bulletin Agricole du Congo Belge**, publié trimestriellement par la Direction Générale « Affaires Economiques et Agriculture » du Ministère des Colonies, a pour but :

- 1) de grouper les documents officiels intéressant l'agriculture de la Colonie;
- 2) de fournir une documentation générale sur l'agriculture du Congo Belge et de faire connaître les résultats scientifiques ou pratiques des études et expériences entreprises par le Service agricole et par l'Institut national pour l'Etude agronomique du Congo Belge.
- 3) de publier les renseignements scientifiques ou techniques sur les progrès accomplis par les colonies étrangères dans les cultures et les élevages pouvant être pratiqués au Congo Belge.

Het **Landbouwkundig Tijdschrift voor Belgisch-Congo** wordt om de drie maanden uitgegeven door de Algemeene Directie « Economische Zaken en Landbouw » bij het Ministerie van Koloniën, met het doel :

- 1) de officieele stukken aangaande den landbouw in de Kolonie te groepeeren;
- 2) een algemeene documentatie te verstrekken over den landbouw in Belgisch-Congo en de wetenschappelijke of practische uitslagen te doen kennen van de studiën en proefnemingen die gedaan werden door den Landbouwdienst en door het Nationaal Instituut voor de Landbouw-studie in Belgisch-Congo.
- 3) wetenschappelijke of technische inlichtingen mede te deelen over de in vreemde koloniën gemaakte vorderingen in zake teelt van planten of dieren, die in aanmerking kunnen komen voor Belgisch-Congo

Utilisation de la farine de graines de coton dans l'alimentation humaine au Congo belge

par G. TONDEUR,

Ingénieur agronome colonial,
Ingénieur des Eaux et Forêts.

AVANT-PROPOS.

En remettant à la publication l'étude ci-après, nous devons exprimer toute notre reconnaissance aux diverses personnes qui nous ont apporté une précieuse assistance pour l'élaboration de ce travail. En premier lieu aux chefs des services agricoles du Département des Colonies à Bruxelles et du Gouvernement Général au Congo belge qui nous ont fait l'honneur de nous désigner pour la mission d'études au cours de laquelle la documentation la plus récente a pu être réunie.

Parmi les personnalités rencontrées aux Etats-Unis, mention tout à fait spéciale doit être faite du D^r Charlotte H. Boatner du Southern Regional Research Laboratory à la Nouvelle-Orléans et du D^r Bryant R. Hollands, du Agricultural and Mechanical College of Texas. Malgré le temps trop bref que nous avons pu consacrer à l'étude de leurs travaux, ces deux spécialistes ont tenu à nous mettre au courant, avec une bienveillance et une cordialité extrêmes, de leurs recherches les plus récentes sur la question.

Nous exprimons également toute notre reconnaissance aux chimistes E. Castagne et E. Adriaens du Laboratoire du Ministère des Colonies à Bruxelles, qui nous ont apporté une très précieuse collaboration.

Enfin, le chimiste L. Thuriaux, du Laboratoire de Chimie du Comité Spécial du Katanga, a bien voulu nous communiquer divers éléments de la bibliographie.

GÉNÉRALITÉS.

L'utilisation de la farine de coton à l'alimentation des indigènes du Congo belge n'est qu'un point particulier du problème d'ensemble de l'utilisation rationnelle des graines de coton, sous-produit des usines d'égrenage.

Ranger les graines de coton dans la catégorie des sous-produits, implique que la fibre est le produit principal. Cela a toujours été vrai jusqu'à présent. Cependant, la valeur relative des deux produits, fibres et graines, a évolué progressivement vers une valorisation de plus en plus grande des graines. Aux Etats-Unis, en règle générale, il y a sur le marché surplus de fibre et déficit de graines. La fibre est en compétition aiguë avec les fibres synthétiques; la graine, au contraire, produit des matières de toute première nécessité: aliments pour bétail et huiles alimentaires, en ordre essentiel, pour lesquelles la demande est toujours très vive.

Aussi n'est-il plus utopique d'envisager la sélection du coton vers un type produisant un minimum de fibres et un maximum de graines. De semblables sélections ont été entreprises au Texas (1).

L'importance primordiale, dans une saine économie agricole, de l'utilisation rationnelle des graines n'est donc pas à démontrer.

La question de l'emploi des graines à la fabrication industrielle d'un aliment humain, bien que particulièrement importante pour le Congo belge, doit donc être examinée dans le cadre général de la valorisation industrielle des graines de coton dont elle n'est qu'un accessoire.

CHAPITRE PREMIER.

IMPORTANCE ECONOMIQUE ET SOCIALE DU PROBLEME

Le Congo belge produit annuellement 125,000 tonnes de coton-graines, donnant comme sous-produit de l'égrenage 83,000 tonnes de graines, dont un cinquième environ est à réserver pour les ensemencements. Le disponible s'élève donc à 66,400 tonnes de graines.

Ces graines représentent une richesse considérable. Leur composition chimique approximative (valeurs moyennes pour produit séché à l'air) est la suivante (2):

Constituants	Graines entières %	Amandes %	Coques %	Farine ou tourteau %
Eau	9.9	6.9	9.3	7.8
Huile	19.5	29.6	0.9	7.4
Protéine (N x 6.25)	19.4	30.3	3.8	44.8
Fibre brute	22.6	4.8	46.1	9.9
Cendres	4.7	6.9	2.6	5.6
Extrait non azoté	23.9	15.4	37.3	24.5

Au Congo belge, trois huileries (Elisabethville, Mwene-Ditu et Tinda) extraient actuellement l'huile des graines de coton.

Leur capacité totale actuelle de traitement est de 19,000 tonnes de graines par an. Cette capacité sera portée à 35,000 tonnes de graines par an en 1947. Une quatrième usine sera montée à Businga (Ubangi); sa capacité prévue est de 3,000 tonnes, portant ainsi la capacité totale d'usinage de la Colonie à 38,000 tonnes de graines.

Le rendement pratique obtenu en huilerie est, *grosso modo*, 13,5 % d'huile brute et 42 % de tourteaux.

La différence est constituée par les linters (4 à 5 %) et les coques.

Les usines, du moins celle d'Elisabethville, ne travaillent pas actuellement à leur capacité maximum.

L'huile brute perd à la purification 1.5 à 2.5 % de son poids, d'après le degré d'acidification. Les usines emploient le procédé de pression. Le tourteau renferme encore 6 à 10 % de son poids d'huile. Les procédés par solvant réduiraient cette teneur à 1 % environ.

Si nous examinons la destination donnée aux tourteaux, nous voyons que dans les régions d'élevages européens, ils sont en partie vendus aux éleveurs et en partie exportés (Elisabethville et Mwene Ditu). Ailleurs, ils sont intégralement exportés (Tinda). La demande à l'exportation est très vive, vers l'Afrique du Sud notamment. Le cours à Anvers, fin 1946, était de 3,500 francs la tonne (contre 4,100 francs pour le tourteau d'arachides). Le produit est fourni brut, tel qu'il sort de presse, ou grossièrement moulu. Les cours sont de 1,200 francs pour le marché intérieur, départ usine (Elisabethville). L'exportation, actuellement limitée par contrôle gouvernemental, laisserait à l'usinier un profit de loin supérieur.

La capacité des usines existantes et en projet permettra à celles-ci de traiter au maximum, en 1947, 38,000 tonnes de graines, soit 57 % environ de la production disponible, laissant inutilisées 28,400 tonnes. Dans la situation actuelle, par contre, moins de 29 % des graines sont usinées, le restant ne recevant aucune utilisation, sauf comme combustible (1).

(1) N.d.I.R. Etant donné le manque actuel d'oléagineux dans le monde, le Gouvernement de la Co'onie étudie en ce moment, d'accord avec le Comité cotonnier congolais, la mise à la disposition de la collectivité des plus grandes quantités possibles d'huile de coton.

Compte tenu des semences réservées pour la culture suivante, la récupération de la richesse en graisses et en protéines de 28,400 tonnes de graines reste un problème non résolu, qui se chiffrera encore en 1947 par une perte annuelle approximative de 5,500 tonnes de matières grasses et 5,500 tonnes de protéines, si nous admettons la composition centésimale donnée ci-dessus.

Protéines et matières grasses sont déficientes dans l'alimentation des populations locales ; elles accusent aussi actuellement une carence marquée dans le monde. La récupération aussi complète que possible de cette richesse alimentaire est un devoir.

Pour le Congo, elle pose, en premier lieu, un problème de transports intérieurs, lié à la localisation des usines d'extraction. Il appert que, dans de nombreux cas, quelque séduisante que soit la récupération maximum des graines, elle serait antiéconomique selon la formule d'usinage actuelle, en raison de la grande dispersion des cultures. De coûteux transports seraient requis pour la centralisation vers les usines d'extraction des graines restant à traiter (3).

La formule actuelle, en effet, dissocie l'usinage des fibres (égrenage) et l'usinage des graines (huilerie), chacun ayant reçu une localisation différente.

Il en résulte que la totalité du produit devrait, en fin de compte, être évacuée : les fibres vers les ports d'embarquement et les graines vers les huileries situées sur les voies d'acheminement vers ces ports. La formule de décentralisation de l'égrenage en de multiples petites usines n'a plus dans ce cas d'autre justification que la réduction du volume transporté par pressage des fibres et une légère réduction du tonnage par retenue des semences pour la culture suivante.

Dès que la récupération des graines est envisagée, il se justifie donc de centraliser quelque peu l'égrenage et d'adopter autant que possible une même localisation pour l'égrenage et pour l'huilerie. La localisation des usines d'égrenage étant un fait acquis, dans la plupart des cas, la meilleure solution du problème pourrait être la mise au point de petites unités d'huilerie à adjoindre à chaque unité d'égrenage (ou le cas échéant à quelques unités proches dont la centralisation pourrait être ultérieurement envisagée). Cette formule est à l'opposé de la formule actuelle qui est celle de la grosse huilerie, située parfois en dehors des zones cotonnières (Elisabethville) et drainant, très imparfaitement d'ailleurs, les tonnages de graines disponibles dans un vaste hinterland.

La localisation des huileries dans les centres d'égrenage, implique comme condition que les usines d'égrenage ou les petites huileries envisagées soient munies de délinteuses. Elle aurait les avantages :

1° de réduire au minimum le transport des non-valeurs (celles-ci, c'est-à-dire les coques, représentent industriellement environ 10 % du poids du coton-graine et 30 % du poids des graines) ;

2° de laisser sur les lieux de production des matières fertilisantes précieuses : coques et tourteaux (si ces derniers ne reçoivent pas de meilleure utilisation), dont l'emploi sera peut-être possible pour la conservation de la fertilité des terres indigènes dans un avenir plus ou moins rapproché. Le tourteau de coton est notamment fort utile comme activateur pour la fabrication des composts (études par le C.S.K., à Elisabethville).

Les petites huileries envisagées pourraient se limiter à la fabrication de produits bruts (huiles et tourteaux), dont le raffinage serait poursuivi dans des usines centrales situées sur les voies d'acheminement des produits vers les ports d'embarquement ou les centres de consommation.

Cette proposition de décentralisation des huileries pose un problème de technique industrielle qui dépasse la portée du présent travail, à savoir l'élaboration d'un type d'usine ayant une capacité économique de traitement fort réduite.

En vue d'assurer une utilisation continue de ces petites installations et d'éviter une réduction excessive de leur capacité de traitement, il serait possible d'envisager — surtout pour l'extraction par solvant dont il sera question plus loin — des usines conçues de manière à traiter successivement, selon les saisons et les possibilités locales, certaines graines oléagineuses autres que celles du coton, à savoir, soit les arachides, soit le soja, les amandes palmistes, le ricin, le sésame, le lin ou le tung. Ceci nous conduirait à une formule excessivement intéressante, à tous points de vue, à savoir :

- 1° Usinage sur place, avec le minimum de transport, des huiles de coton, arachides, sésame, soja, etc. ;
- 2° Réduction au minimum du stockage des graines préjudiciable à la qualité des huiles (acidification) ;
- 3° Possibilité de restitution aux régions productrices, sous forme d'aliments pour l'homme ou le bétail, ou sous forme d'engrais, des principes utiles des tourteaux, évitant ainsi la perte de fertilité de ces régions ;
- 4° Utilisation rationnelle des installations, dont il serait possible d'assurer une grande dispersion, sans descendre en dessous de la capacité économique, du fait de l'addition des tonnages des divers produits à traiter ;
- 5° Possibilité intéressante pour la petite ou moyenne colonisation européenne (colon acheteur et transformateur de produits agricoles indigènes) ou pour la coopérative indigène ;
- 6° Valorisation maximum des produits.

Le côté économique du problème ne se limite donc pas à la possibilité éventuelle d'employer la farine de coton à l'alimentation des indigènes. Il consiste à tirer le parti optimum de la richesse considé-

rable des graines. Outre les aliments pour bétail et l'huile, les graines peuvent, en effet, fournir des matières premières industrielles de grande valeur, notamment des protéines. Nous avons proposé ci-dessus une formule qui — sous réserve des possibilités techniques à étudier — apporterait en même temps une solution au problème du traitement des autres produits oléagineux.

Sans pousser plus loin l'examen de la destination à donner aux tourteaux de coton (alimentation humaine ou animale, matières premières industrielles ou engrais), nous pouvons constater que la question présente déjà, telle quelle, un intérêt social considérable. Il s'agit, en effet, de valoriser au maximum, au profit de la société, une richesse qui serait autrement perdue. Le producteur indigène devra trouver de ce fait une meilleure rémunération de son travail et la communauté, une source additionnelle de revenus pour le développement des institutions d'intérêt général.

Ce côté social du problème de l'utilisation de la graine devient captivant pour nous, dès que l'on envisage la possibilité d'employer ce sous-produit à l'alimentation humaine.

En effet, de nombreuses études médicales ont établi que l'indigène du Congo belge est, en la majorité des cas, soumis à un régime alimentaire déficient en protéines et en graisses. Or, le tourteau de coton — et en particulier la farine qui peut en être extraite — est une source d'alimentation des plus intéressantes. Cette farine contient, en effet, des principes nutritifs qui la font ranger au même titre que la viande, le poisson ou les œufs, au rang des aliments protéiques riches. En voici la composition, en comparaison avec celle de quelques autres farines et aliments protéiques (4).

	Protéine	Graisse	Extrait non azoté	Fibres	Eau	Cendres
Farine de coton	50.16	10.96	22.95	3.92	6.25	5.76
» de manioc	3.00	—	89.00	—	—	—
» de froment	11.40	1.00	75.10	0.30	12.00	0.60
» de maïs	8.93	2.77	75.91	1.22	10.17	1.00
Viande de bœuf	16.40	16.90	—	—	61.30	0.90
Œufs	13.20	12.00	—	—	73.30	0.60

N. B. — Ces chiffres diffèrent quelque peu de ceux précédemment cités, probablement en raison d'un blutage de la farine obtenue par mouture du tourteau.

La question de digestibilité de ces éléments nutritifs sera discutée plus loin. D'ores et déjà, il appert qu'à poids égal, la farine de coton contient trois fois autant de protéines brutes que la viande, et quatre fois autant que les œufs, plus une appréciable richesse en graisse et en matières minérales.

Il a été exposé plus haut que, au Congo belge, 43 % de cette source d'éléments nutritifs seront encore perdus en 1947, sans utilité ni pour l'homme lui-même, ni pour ses animaux domestiques, ni pour ses cultures. Autrement dit, le pays jettera annuellement, en pure perte :

5,500	tonnes	de protéines ;
5,500	»	de graisses ;
6,690	»	d'extrait non azoté ;
1,335	»	de sels minéraux.

Plusieurs circonstances locales et notamment des transports parfois inadéquats, justifient à suffisance que, malgré les progrès effectués ces dernières années, une situation aussi regrettable ait pu persister. Il est souhaitable que le Gouvernement et les organismes intéressés fassent en sorte que, dans un avenir rapproché, ces circonstances cessent d'exister, afin que les éléments biogènes actuellement perdus puissent être dorénavant restitués au pays sous quelque forme que ce soit et, avant tout, sous forme d'aliment humain, puisqu'il est démontré qu'une déficience physique des populations est la résultante d'un régime alimentaire trop pauvre. A ce dernier point de vue, les tourteaux provenant des graines actuellement utilisées et qui sont exportés ou vendus sur place comme aliment pour le bétail, pourraient trouver, moyennant préparation spéciale, une destination d'un intérêt social supérieur.

Pour les grands employeurs de main-d'œuvre industrielle, l'aspect social de la question se teinte à nouveau d'un intérêt économique. En effet, la ration des travailleurs industriels est toujours au moins égale aux prescriptions légales, lesquelles exigent un minimum rationnellement établi de chacun des éléments biogènes. Cependant, le ravitaillement protéique, qu'il soit végétal ou animal, est onéreux.

Les prescriptions légales exigent qu'au minimum un tiers ou un cinquième des protéines de la ration soit d'origine animale. Les protéines d'origine animale étant les plus coûteuses, les employeurs se limitent le plus souvent à ce minimum légal et complètent la ration protéique au moyen de protéines végétales dans toute la mesure du possible. Ils verront donc un intérêt à recourir à la farine de graines de coton comme source de protéines, si l'unité de protéine y coûte moins cher que dans les autres aliments protéiques végétaux (soja-pois-haricots-maïs). Ce n'est que dans l'éventualité d'une carence du marché en aliments protéiques végétaux, obligeant les employeurs à donner en compensation un excès de protéines animales, plus onéreuses, que la farine de coton serait appelée à se substituer à ces dernières.

Contrairement donc à ce que l'on aurait pu croire, la farine de coton — du point de vue de l'employeur de main-d'œuvre et dans l'état actuel des règlements — n'est pas à considérer comme un suc-

cédané de la viande ou du poisson, mais bien des vivres protéiques végétaux. C'est sur le prix relatif de ceux-ci qu'elle devra s'aligner pour être économiquement utilisable.

Un troisième aspect — des plus intéressants — du problème est lié à l'exploitation des terres et à l'utilisation rationnelle du travail des populations indigènes.

Les phénomènes d'overcropping et d'overstocking (excès de culture et de pâture), résultats d'une utilisation de la terre au delà de son potentiel producteur, ont au Congo — comme ailleurs — leur redoutable répercussion sur la destruction des sols arables.

D'un autre côté, sur l'indigène cultivateur repose la charge de plus en plus lourde de satisfaire aux exigences croissantes du salarié. La récupération de la richesse alimentaire des graines de coton au bénéfice des populations locales, allégerait énormément l'effort de production demandé au sol et aux hommes.

En effet, ne considérant que le tonnage de protéines perdues dans les graines de coton non utilisées actuellement (5,500 tonnes), la perte correspond à une production de 27,500 tonnes de haricots (à raison de 20 % de protéines) ou de 33,550 tonnes de viande fraîche (à raison de 16.4 % de protéines). Pour du bétail indigène moyen, donnant 200 kg. de viande par tête, ce tonnage exigerait l'abatage de 167,750 têtes de bétail par an, provenant d'un troupeau de 1,198,392 têtes (pour un accroissement annuel moyen de 14 %).

L'obtention des 27,500 tonnes de haricots que la farine de coton pourrait remplacer exige annuellement la mise en culture de quelque 45,000 hectares de terres dans les régions du pays les plus exposées à l'érosion, soit le labour de 90,000 cultivateurs, labour qui pourrait être libéré et plus utilement employé, en particulier aux très urgents travaux de la conservation des sols et de la reforestation.

L'entretien d'un troupeau de 1,198,392 têtes de bétail exigerait près de cinq millions d'hectares de pâturages de brousse.

Ces chiffres illustrent l'énorme importance de la question. Bien entendu, comme dit plus haut, la farine de coton sera avant tout un succédané des vivres protéiques végétaux. C'est donc l'exemple relatif au haricot qui est le plus pertinent.

Ayant démontré tout l'intérêt de l'utilisation de la farine de coton dans l'alimentation humaine au Congo, il reste à examiner, tout d'abord, s'il sera possible socialement et économiquement d'introduire ce nouvel aliment dans la nourriture du noir. Cet examen fait l'objet du chapitre II.

Ensuite, si cela est démontré, l'examen technique du problème sera abordé. Avant d'aller plus loin, et pour éclairer le lecteur non averti, il convient de signaler dès à présent que la farine de coton renferme un principe toxique: le gossypol, dont l'élimination ou la

neutralisation au sein du tourteau pose un problème complexe de chimie industrielle. Ce fait explique pourquoi, jusqu'à présent, le Congo a sciemment renoncé à l'emploi des farines de coton. Pour la même raison, avant de proposer l'étude d'installations coûteuses et complexes peut-être, en vue de la détoxification, il s'est avéré utile de justifier les dépenses éventuelles par un intérêt économique et social majeur et par l'existence de possibilités réelles d'utilisation.

CHAPITRE II.

POSSIBILITES SOCIALES ET ECONOMIQUES DE L'EMPLOI DE LA FARINE DE COTON A L'ALIMENTATION DES INDIGENES DU CONGO BELGE

Il est du plus élémentaire bon sens, avant d'aborder ce problème, de savoir si le noir sera d'accord pour consommer cet aliment inusité ou si nous pouvons l'y amener par persuasion, voire par contrainte.

La haute valeur alimentaire de cette farine, en effet, ne l'incitera pas plus à la consommer que les remarquables qualités du pain complet ne font préférer celui-ci au pain blanc par le consommateur européen.

Des dispositions légales spéciales pourraient certes prescrire le mélange de telle proportion de farine de coton aux farines usuelles (manioc-mais-froment), au même titre que des mesures légales ont été prises en pays européens pour déterminer le taux de blutage des farines de froment, contraignant ainsi le consommateur à l'usage d'un produit moins apprécié. Cela serait éventuellement possible, à condition que le produit soit dénué de toute toxicité et qu'il soit suffisamment appété. Le très grand intérêt économique et social de la question pourrait justifier l'instrument juridique requis. Quant à l'appétence, certains essais ont été faits. Dans un cas, de la farine mélangée de coton et de manioc a été offerte à des indigènes avertis du mélange. Ils ont refusé énergiquement (« la farine de coton, c'est bon pour les vaches, pas pour les hommes »). Dans un autre cas, des rationnaires ont reçu à leur insu et à plusieurs reprises du bouillon de viande et de légumes additionné de farine de coton. Le repas a été appété autant, si pas plus, que de coutume. Nous avons eu l'occasion de consommer cette soupe qui — ma foi — était meilleure que celle de notre hôtel.

Il s'agissait ici de farine non détoxifiée, donnée à raison de 30 grammes environ par homme. Cette quantité ne peut donner lieu à aucun symptôme toxique, du moins dans un aliment bouilli à l'eau et consommé occasionnellement.

La preuve cependant de l'appétence des indigènes pour ce produit demande à être confirmée par des essais répétés en divers endroits

et sous diverses formes, en particulier en mélange avec les autres farines alimentaires.

Le danger d'intoxication, comme dit ci-dessus, est inexistant pour des quantités réduites mêlées à des aliments cuits et pour des essais occasionnels.

Cette affirmation est étayée par les expériences d'alimentation effectuées sur des hommes par J.-B. Rather (4), expériences au cours desquelles les sujets recevaient pendant deux jours du pain fabriqué avec une farine contenant un tiers ou un cinquième de farine de coton non détoxifiée.

Admettant que la farine de coton dans divers mélanges alimentaires soit appétée par les indigènes, il reste à étudier les possibilités économiques d'emploi.

A ce point de vue, nous pouvons envisager dans la population indigène trois classes sociales.

1° *L'indigène vivant dans le milieu coutumier.*

Sa ration est souvent déséquilibrée par un manque de protéines et de graisses. Il aurait le plus grand avantage à consommer la farine de coton. Mais c'est chez lui que cette innovation a le moins de chances de réussir de prime abord pour les raisons suivantes.

Cet indigène se nourrit du produit de ses propres cultures. Il n'achète que rarement sa nourriture au marché indigène, exceptionnellement à la factorerie. Il est plus attaché qu'aucun autre à ses coutumes alimentaires. A moins d'un engouement tout à fait imprévu pour ce nouvel aliment, nous ne voyons pas par quelle voie la farine de coton industrielle lui reviendrait.

Même gratuitement il refuserait de la consommer. De plus, si, contre toute probabilité, il s'avérait possible de lui faire admettre cette farine, le dosage de celle-ci dans les aliments échapperait à tout contrôle et l'ingestion de grosses quantités d'un aliment aussi riche en protéines, même parfaitement détoxifié, ne serait pas sans risquer de provoquer une alimentation irrationnelle. Or, certains des procédés envisagés plus loin n'assurent qu'une détoxification relative. Un certain contrôle des mélanges est nécessaire dans ce cas.

2° *Le travailleur industriel.*

Sa ration, légalement, est équilibrée. Comme dit plus haut, elle est le plus souvent réduite à la teneur minimum exigée en protéines animales. Le rôle de la farine de coton se réduit ici au remplacement éventuel d'autres protéines végétales.

Ce remplacement sera économique si l'unité de protéine dans la farine de coton est moins onéreuse que dans un autre aliment végé-

tal. La comparaison des prix est évidemment quelque peu plus laborieuse que dans l'exemple ci-dessous, du fait de l'existence dans ces aliments d'autres éléments nutritifs, matières amylacées et graisses, qui devraient être valorisés.

Voici, par exemple, un calcul sommaire établissant la comparaison entre farines de coton et de haricots, sur la base des protéines seulement.

Nous pouvons admettre que le tourteau — départ usine — vaut 2,000 francs la tonne.

Il contient encore des impuretés (coques, linters, etc.) impropres à l'alimentation humaine, à concurrence de 15 % par exemple. L'élimination de ces impuretés peut être conçue de deux façons: 1) récupération du maximum possible de farine, ne laissant qu'un produit de valeur très réduite; 2) extraction d'une partie seulement de la farine, laissant un tourteau convenant encore pour le bétail. Dans le cas d'un tourteau à 15 % d'impuretés, l'extraction de farine alimentaire à concurrence de 50 % du poids, laisserait un tourteau à 30 % d'impuretés fort intéressant pour le bétail et de loin supérieur encore aux tourteaux dits: « whole pressed cotton seed feed », ou tourteaux de coton non décortiqué provenant de l'extraction de l'huile sans séparation des coques. Sa valeur marchande sera peu altérée. Vu l'inopportunité de priver les élevages, tant au Congo qu'en Belgique, de la totalité de leur approvisionnement possible en tourteaux congolais, il paraîtra sans doute préférable de s'en tenir à une extraction partielle.

Le prix de revient de la farine alimentaire extraite sera ce que vaut le tourteau (soit 2,000 francs la tonne), plus les charges spéciales de préparation (mouture, blutage, détoxification). Tout à fait empiriquement, nous pouvons fixer ces charges à 200 francs la tonne. Cette farine contenant 50.16 % de protéines, peut être substituée aux haricots qui n'en contiennent que 20 %, dans le rapport de 1 à 2.5.

L'employeur de main-d'œuvre aura donc intérêt à utiliser la farine de coton lorsque les haricots coûteront plus que $2,200 : 2.5 = 880$ francs la tonne, ce qui sera très généralement le cas.

Dans chaque situation particulière, bien entendu, il y aura lieu de majorer les prix, des frais de transport du lieu de production aux chantiers, en tenant compte du fait que, à valeur protéique égale, le transport de la farine de coton coûtera deux et demi fois moins.

A noter que le calcul ci-dessus est incomplet, car il devrait tenir compte encore du remplacement des matières amylacées que les haricots contiennent en plus grande quantité que la farine de coton.

Dans beaucoup de cas, la farine de coton serait avantageusement employée comme succédané du maïs, et non pas des féculents.

Les employeurs de M.O.I., du Katanga, par exemple, ont tendance à substituer la farine de maïs à la farine de manioc. De cette

manière, la farine apporte elle-même le complément protéique nécessaire aux protéines d'origine animale, lesquelles sont réduites au minimum légal.

Un mélange judicieusement étudié de farine de manioc et de farine de coton, permettrait de représenter les caractéristiques de la farine de maïs.

Voici un exemple de calcul dans ce sens :

COMPOSITION DES FARINES

	Protéines	Graisses	Extrait non azoté	Fibres	Eau	Cendres
Coton	50.16	10.96	22.95	3.92	6.25	5.76
Maïs	8.93	2.77	75.91	1.22	10.17	1.00
Manioc	3.00	—	89.00	—	—	—

Ne considérant que la protéine, nous devons obtenir un mélange répondant à la formule :

$$\frac{x}{100} \cdot 50.16 + \frac{100 - x}{100} \cdot 3.00 = 8.93$$

dans laquelle x est le % de farine de coton à introduire dans le mélange. Le calcul donne approximativement 12.5 %.

Dans ce cas, la farine de coton sera économiquement intéressante lorsque la farine de manioc additionnée de 12.5 % de farine de coton sera moins coûteuse que la farine de maïs, ce qui, au prix calculé ci-dessus (2,200 francs la tonne) pour la farine de coton, sera très généralement le cas.

Les auteurs américains conseillent, en général, le mélange des farines de maïs et de froment avec la farine de coton, dans le rapport de 4 à 1, ce qui donne des farines particulièrement riches, comparables à la viande en teneur protéique. Ces farines peuvent servir à la fabrication de pains ou de biscuits. Ci-dessous, d'après Rather (4), la composition de ces farines mélangées.

	Protéines	Graisses	Extrait non azoté	Fibres	Eau	Cendres
	%	%	%	%	%	%
Farine maïs-coton à 20 %.	17.17	4.41	65.32	1.76	9.39	1.95
Farine froment-coton à 20 %.	19.15	2.99	64.66	1.02	10.85	1.63

Au Congo belge, les travailleurs industriels, dans la majorité des cas, reçoivent pour eux, leur femme et leurs enfants la ration en nature.

Il en est de même pour les soldats, les hospitalisés et les détenus. Le nombre de ces rationnaires peut être estimé de façon très conservative à 350,000. Une ration journalière individuelle de 50 grammes de farine de coton exigerait un tonnage annuel de 6,387 1/2 tonnes de farine de coton. Cette exigence serait couverte en récupérant 50 % de la production possible de tourteaux en 1947, ainsi que l'établit le calcul suivant :

Capacité usinage, 35,000 tonnes de graines, donnant 42 %, soit 14,700 tonnes de tourteaux, donnant 50 %, soit 7,350 tonnes de farine blutée.

L'équipement industriel prévu pour 1947 permettrait donc de promouvoir dès à présent l'utilisation de la farine de coton pour le ravitaillement de la main-d'œuvre industrielle.

Si la récupération totale des graines disponibles annuellement peut être réalisée par la multiplication des usines, les possibilités de production, en ne récupérant la farine qu'à concurrence de 50 % des tourteaux, s'élèveraient à 13,944 tonnes de farine (provenant de 66,400 tonnes de graines). Il y aurait donc, si d'autres débouchés importants ne sont pas trouvés, un large excédent. Le pourcentage d'extraction pourrait dans ce cas être réduit, minimisant encore la perte de qualité du tourteau résiduel et évitant de jeter la perturbation dans le marché établi pour les tourteaux. Cette solution cependant ne serait guère souhaitable, le but étant avant tout l'amélioration de l'alimentation humaine. D'autres classes de la population devraient être touchées.

3° *Les indigènes évolués.*

On peut ranger *grosso modo* dans cette classe, les indigènes sortis de leur milieu coutumier qui ne reçoivent pas la ration en nature de leur employeur ou qui travaillent à leur propre compte (domestiques, clerks, chauffeurs, artisans, marchands, etc.).

Aucune statistique ne permet d'en établir le nombre avec certitude. Nous estimerons à 80,000 le nombre de ces indigènes qui achètent leurs vivres au marché ou à la factorerie. Un certain nombre achètent le pain à la boulangerie. La ration alimentaire de cette classe sociale est généralement assez bonne, mais relativement onéreuse eu égard à ses ressources pécuniaires.

Là où cette classe d'indigènes a coutume de se ravitailler dans le commerce européen (p. ex. à Elisabethville, où la majorité des produits des minoteries sont vendus aux indigènes par l'intermédiaire des factoreries), il serait éminemment intéressant de créer un type de

farine, des pains et des biscuits pour indigènes contenant une proportion déterminée de farine de coton.

L'hygiène publique ne pourrait que bénéficier de cette alimentation plus riche.

Eu égard au nombre, assez restreint encore, de consommateurs qui seraient touchés par cette mesure, la question ne présente pas la même ampleur que pour les travailleurs industriels. Elle mérite cependant d'être prise en considération. Il est fort probable, en effet, que l'usage de certaines spécialités alimentaires, telles que biscuits à la farine de coton, pourrait, après s'être implanté dans les milieux évolués, gagner les villages coutumiers et toucher progressivement un nombre considérable de consommateurs, réalisant ainsi l'amélioration du régime alimentaire des populations rurales que nous avons jugée impossible à priori, par fourniture directe de la farine.

CHAPITRE III.

LA FARINE DE COTON DANS L'ALIMENTATION EUROPEENNE

Le fait de n'envisager ci-dessus l'utilisation de la farine de coton que pour l'alimentation des indigènes de la Colonie, n'entend pas impliquer que cet aliment serait impropre à la consommation par les populations européennes. Bien au contraire, c'est pour celles-ci que la question est spécialement étudiée aux Etats-Unis et en U.R.S.S. Il faut reconnaître cependant que, pour le Congo, la question ne se pose pas : la population européenne n'offrirait qu'un débouché très minime à la production et, par ailleurs, son standing alimentaire n'a rien à gagner à l'introduction de ce nouvel aliment. Il n'en est pas de même pour certaines régions d'Europe où, dans les circonstances actuelles surtout, des farines concentrées pourraient être fort utiles au ravitaillement. Il est donc justifié d'envisager la possibilité d'exportation d'un excédent de farines alimentaires de coton du Congo vers les pays d'Europe.

Aux U. S. A., la farine alimentaire de coton n'est pas entrée dans l'usage courant. La raison en est que les Etats-Unis ne sont pas particulièrement intéressés à cette utilisation de la farine de coton. Le ravitaillement protéique de la nation est assez largement assuré. D'autre part, les tourteaux pour bétail font l'objet d'une demande très soutenue. Si le pays devait souffrir d'un déficit de ravitaillement protéique, il s'adresserait pour l'obtention des protéines complémentaires au tourteau d'arachides, plutôt qu'au tourteau de coton. Les Etats-Unis disposent, en effet, d'un tonnage considérable de tourteau d'arachides, dont la composition chimique est également intéressante et qui est dénué de toute toxicité.

Au Congo, le tourteau d'arachides n'existe qu'en quantité réduite. Cependant, avant de recourir au tourteau de coton, dont les aléas sont nombreux, il serait judicieux de mettre au point la consommation du tourteau d'arachides. Celle-ci peut être réalisée immédiatement. L'étude du tourteau d'amandes palmistes devrait également précéder celle du coton. Les farines de tourteau d'arachides et de palmistes seraient également susceptibles de trouver des débouchés sur le marché européen.

Si les Etats-Unis ne sont pas vivement intéressés à la consommation humaine du tourteau de coton, ils en ont néanmoins poursuivi l'étude, bien que d'une façon assez sporadique, depuis 1913 au moins. La question prend une actualité nouvelle en raison de la pénurie alimentaire mondiale. Les Etats-Unis, d'autre part, ont développé l'étude de l'utilisation optimum de tous les sous-produits du coton, en vue d'aider la culture de cette plante dans sa lutte contre les fibres synthétiques. Aussi plusieurs laboratoires officiels sont-ils engagés dans des recherches à ce sujet, en particulier le « Southern Regional Research Laboratory », à la Nouvelle-Orléans.

Le problème est tout différent dans d'autres régions du monde : U.R.S.S., Amérique du Sud, Afrique, où la carence protéique est certaine et où l'on recherche activement toute nouvelle source de protéines alimentaires pour l'homme.

Aux Etats-Unis cependant, une usine, la « Trader Oil Mill Cy — Coflo-Division », à Fort Worth (Texas), prépare une farine alimentaire dite « Coflo » (Cottonflour), utilisée principalement à la fabrication de biscuits. La fabrication est couverte par un brevet (Mac Math Process). Une autre usine, au Texas également, la « Schulenburg Oil Mill », fabriquerait un produit analogue. Ces productions cependant ne représentent qu'une proportion extrêmement réduite du tourteau produit dans le pays.

En U.R.S.S., ainsi qu'exposé plus loin, le procédé Skipin pour l'extraction de l'huile permettrait la fabrication de la farine alimentaire de coton. Nous ignorons l'importance de l'application qui en est faite.

CHAPITRE IV.

LE GOSSYPOL

Comme il a été dit plus haut, l'existence dans les graines de coton d'un produit toxique dénommé gossypol, impose certaines précautions quant à l'usage alimentaire des produits extraits de ces graines.

Avant d'aborder l'étude des techniques propres à neutraliser ou éliminer ce toxique, il sera utile d'exposer les caractéristiques de ce dernier.

L'attention a été attirée, dès le début, sur la toxicité des graines de coton par des phénomènes d'intoxication observés dans l'alimentation des animaux domestiques. Leur issue était parfois mortelle, chez le porc notamment.

Des résultats fort aberrants étaient obtenus chez les diverses espèces d'animaux. Les recherches furent un moment retenues par l'hypothèse selon laquelle la nocivité des tourteaux de coton serait due à leur déficience en calcium et en vitamines A et D. En effet, l'addition de ces éléments à la ration provoquait une amélioration chez les bovidés, mais non pas chez les porcins. En fait, il y a interaction des deux phénomènes : d'une part, intoxication proprement dite et d'autre part, déficience en calcium et en vitamines. Selon la sensibilité spécifique variable des divers animaux à l'intoxication par le gossypol, l'un ou l'autre phénomène est prépondérant. La question est actuellement assez bien mise au point pour la bromatologie animale et l'on a établi exactement quelle quantité de tourteau de coton peut être donnée impunément à chaque catégorie d'animaux et quels aliments de complément sont nécessaires pour parer à ses déficiences. Ainsi, d'après le D^r Max Kling (5), les bœufs à l'engrais peuvent consommer jusque 2 1/2 kg. de tourteaux par jour et par tête ; les bœufs de trait, 2 kg. ; les vaches laitières, 1 kg. seulement, car cet aliment donnerait, s'il était consommé en plus grande quantité, un beurre trop dur, sec et peu coloré ; les chevaux, jusque 1 kg. ; les moutons, 300 grammes.

Pour les porcs, il est préférable de n'en pas donner ; pour les bêtes pleines et les bêtes jeunes, également.

Ces chiffres sont assez imprécis, du fait que l'auteur ne spécifie pas l'origine des tourteaux. Or, la teneur de ceux-ci en gossypol et partant leur toxicité varient dans une très large mesure avec l'origine et la variété des graines, de même qu'avec les procédés de fabrication.

Un auteur plus moderne (Morrison) (6), travaillant sur les tourteaux préparés par les usines américaines — qui, par une cuisson poussée, préalable au pressage, neutralisent en partie la toxicité —, admet pour les porcs le tourteau de coton à concurrence de 9 % de la ration totale. Il rapporte des expériences au cours desquelles des vaches laitières ont reçu journellement, pendant trois périodes successives de lactation, 4 kg. 670 de tourteau de coton. Dans certains cas, la ration a été poussée jusque 7 kg. 710 sans qu'aucun symptôme d'intoxication fût observé.

Ces expériences, de même que les données de Max Kling, ne nous renseignent qu'imparfaitement, en ce sens qu'elles ne précisent pas la teneur en gossypol des aliments utilisés, ce qui aurait permis d'établir la tolérance des diverses espèces d'animaux domestiques exprimée en grammes de gossypol.

D'ailleurs, quand bien même elles le préciseraient, les données seraient encore incomplètes, du fait que le gossypol se présente dans les sous-produits du coton sous diverses formes instables, de toxicité très différente. Ce point fait l'objet d'un exposé plus détaillé dans les pages suivantes.

Nous relatons plus loin également des expériences d'alimentation humaine, au cours desquelles l'expérimentateur a fait consommer aux divers sujets des quantités assez considérables de farine de coton. Ici non plus, malheureusement, la teneur en gossypol et la nature de ce dernier ne sont pas établies. Il semble que la teneur devait être élevée, puisqu'il s'agissait de farines industrielles. Or, celles-ci, à l'époque (1913), n'étaient probablement pas préparées dans les usines américaines selon le procédé de cuisson poussée, appliqué aujourd'hui (4).

Quoi qu'il en soit, la toxicité des tourteaux est démontrée et il a été établi qu'elle est proportionnelle à leur teneur en gossypol (7). Withers et Carruth, de la North Carolina Experiment Station, ont isolé le gossypol en 1914-1915 et ont pu reproduire artificiellement les symptômes observés avec les tourteaux (8).

Le gossypol se développe dans les graines au cours de la maturation de celles-ci. L'étude anatomique des graines de coton montre un albumen très réduit, entourant un volumineux embryon dont les deux larges cotylédons, plusieurs fois repliés sur eux-mêmes, présentent une teinte claire, gris verdâtre, avec de nombreuses ponctuations brunâtres correspondant à des glandes sécrétrices de gomme. Ces cotylédons sont gorgés d'huile et d'aleurone.

Ils sont constitués par un tissu parenchymateux, dans les cellules polygonales duquel se trouvent de l'huile, de l'aleurone et, par places, des cristaux étoilés d'oxalate de calcium. Des lacunes ou poches, que limitent des cellules tabulaires, sont disséminées dans ce tissu. Elles secrètent une matière gommeuse, brune. Ce sont les glandes à gossypol (9). Ces glandes se colorent en rouge par traitement à l'acide sulfurique concentré et en vert-brun par traitement alcalin, réactions caractéristiques du gossypol. Elles sont visibles à l'œil nu et mesurent de 1/10 à 1/40 de millimètre.

Une relation positive a été établie entre le nombre de glandes visibles dans une coupe de la graine et la teneur en gossypol (laquelle est directement proportionnelle aussi à la teneur en huile — voir plus loin). Exemple :

14 glandes, 0.29 % de gossypol, 36.9 % d'huile;

46 glandes, 1.27 % de gossypol, 44.3 % d'huile.

Une étude plus approfondie de ces glandes à résine a été effectuée par le Southern Regional Research Laboratory, à la Nouvelle-Orléans, en relation avec les procédés d'extraction de l'huile par solvants (10).

Il résulte de ces recherches que ces glandes sont beaucoup plus résistantes aux agents mécaniques et chimiques que le tissu parenchymateux dans lequel elles sont contenues. Elles sont aussi moins denses que ce tissu. Ces caractéristiques ont permis de réaliser — en laboratoire — la séparation mécanique des glandes entières hors du tissu cellulaire dans lequel elles sont logées. L'obtention de glandes intactes séparées de leur parenchyme, en a permis un examen plus approfondi.

952

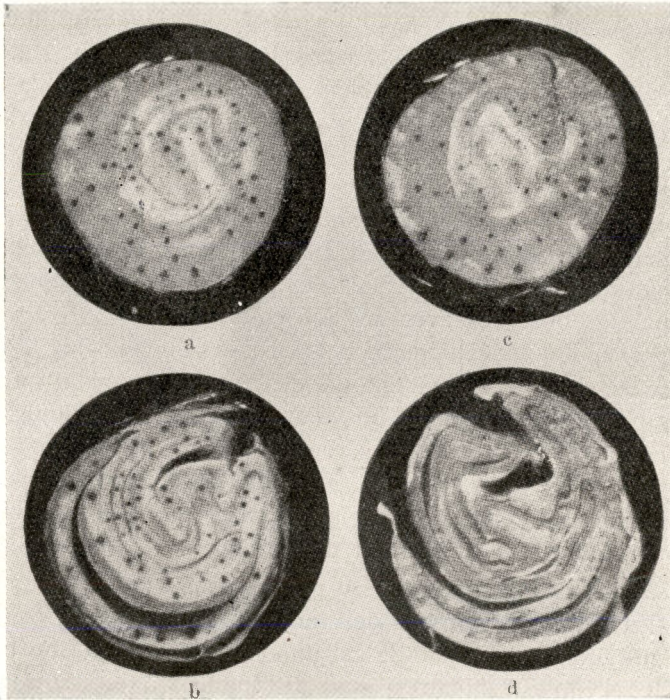


FIG. 1. — Coupes transversales d'une graine de coton, montrant les glandes à gossypol $\times 7$.

- a. coupe fraîche ;
- b. la même après vingt-quatre heures d'immersion dans le skellysolve F ;
- c. coupe fraîche ;
- d. la même après vingt-quatre heures d'immersion dans l'éther éthylique.

D'après Ch. Boatner (10).

Leurs parois sont formées d'écailles ou de plaques soudées entre elles par des matières pectiques. Ces plaques — de même que le ciment pectique — sont particulièrement résistantes à l'abrasion et aux agents chimiques. Les glandes peuvent cependant être désintégrées par traitement à l'eau chaude et libérer ainsi leur contenu qui — autrement — reste en grande partie à l'abri des agents chimiques. Cette découverte récente explique fort bien — comme il sera exposé plus loin — beaucoup de phénomènes observés dans le traitement

industriel des graines de coton et ouvre peut-être la voie vers une nouvelle méthode de détoxification des tourteaux par élimination mécanique des glandes toxiques.

Lors de l'extraction de l'huile par la méthode de pressage, une proportion variable du gossypol est entraînée dans l'huile, tandis que la majeure partie reste dans le tourteau, sous forme notamment de glandes intactes.

Dans l'extraction par solvant, qui est beaucoup plus rare jusqu'à présent, le gossypol est, soit entraîné dans l'huile, soit abandonné dans le tourteau, selon sa solubilité dans le solvant employé et selon le pouvoir de désintégration des parois pectiques dont jouit ce solvant (10).

Les méthodes d'analyse quantitative du gossypol ont été mises au point ces dernières années. Il serait fastidieux de les exposer ici. Les références à ce sujet sont citées à l'index bibliographique, sous les n^{os} 11 à 19.

Les analyses ont démontré que la teneur des graines en gossypol varie dans une très large mesure avec la variété et le lieu. Pour un même lieu et une même variété, les conditions de culture, de climat, de maturation, de vigueur des plants, etc., provoquent des variations de la teneur en gossypol.

Ces variations sont de même sens, mais proportionnellement plus marquées que les variations correspondantes de la teneur en huile. C'est-à-dire que le rapport huile/gossypol est plus grand pour les faibles teneurs en huile que pour les fortes teneurs.

La teneur moyenne en gossypol des graines américaines est de 1 %. Elle varie, par ailleurs, dans une très large mesure, soit de 0.15 à 1.53 %, notamment avec l'espèce et la variété. Les teneurs des diverses espèces seraient les suivantes :

<i>Gossypium herbaceum</i>	0.15 à 0.47 %
» <i>hirsutum</i>	0.77 à 1.39 %
» <i>barbadense</i>	1.01 à 1.53 %

Il serait intéressant d'établir par analyse la teneur des graines des variétés qui sont cultivées au Congo.

Admettant que nos variétés, comme les variétés américaines dont elles sont issues, accusent une teneur moyenne de 1 % du poids des graines, nous pouvons estimer à 664 tonnes la quantité de gossypol contenue dans les graines annuellement disponibles au Congo. Pour les U.S., la quantité de gossypol présente dans les graines produites annuellement doit dépasser 15,000 tonnes. Il se présente immédiatement à l'esprit la question de savoir si ce produit lui-même ne pourrait pas offrir une possibilité économique d'utilisation. S'il en était ainsi, la récupération quasi complète de tous les sous-produits de la graine serait réalisée. Les chercheurs américains étudient le problème et les premiers résultats laissent entrevoir des possibilités intéres-

on obtient une combinaison, avec l'aniline, d'une troisième forme, le *d-gossypol*, en prismes jaune orangé.

La potasse alcoolique permet d'extraire de cette combinaison le *d-gossypol* à l'état pur, qui se présente sous forme de cristaux jaunes. Ceux-ci s'assombrissent et s'amollissent vers 256°.

De la farine cuite, on peut obtenir 1.2 % de composé aniline-*d-gossypol*. Ces produits n'ont pas encore été bien étudiés.

Dans la pratique, on distingue à l'analyse le « gossypol libre », qui est le principal pigment contenu dans les glandes à résine de la graine, et le « gossypol lié » ou « *d-gossypol* », beaucoup moins toxique, qui apparaît au cours de la préparation des huiles et des tourteaux par cuisson préalable, en présence d'une quantité déterminée d'humidité.

D'après certains auteurs (9), la transformation du gossypol en *d-gossypol*, serait accompagnée de phénomènes d'oxydation. Dans la technique industrielle, cette oxydation s'opérerait comme suit : la chaleur humide et le broyage provoquent l'ouverture des glandes à gossypol. Le contenu de celles-ci s'écoule, se répand sur toute la surface des tissus et est soumis ainsi aux influences oxydantes. L'hypothèse la plus plausible cependant et la plus récente, est que le *d-gossypol* est le produit non d'une oxydation mais d'une combinaison du gossypol — et peut-être d'autres pigments — avec des radicaux protéiques. Ces « chromoprotéines » ont été isolées par Ch. H. Boatner (20).

Outre ces diverses formes dérivées du gossypol, Podolskaia (22) a extrait des graines de coton un pigment rouge cristallisable, qui semblait être une forme isomérique du gossypol, caractérisée par son pleiochromisme. Elle fond à 184°-185°, présente les mêmes réactions que le gossypol et donne les mêmes dérivés. D'après cet auteur, la transformation du gossypol jaune en gossypol rouge se ferait au cours de la maturation des graines ; cette transformation serait plus ou moins rapide selon la variété. Inversement, le gossypol rouge, en solution dans l'huile ou dans divers solvants organiques, se transforme en gossypol jaune. La vitesse de cette transformation augmenterait avec la température.

Les principales propriétés chimiques du gossypol sont les suivantes :

Le gossypol se présente sous forme de cristaux jaunes ; son point de fusion est 184°C.

D'une façon générale, il est soluble dans tous les solvants organiques, à l'exception des hydrocarbures aliphatiques (notamment les hexanes ou éthers de pétrole).

Il est aisément soluble dans l'éther ordinaire, modérément soluble dans l'alcool, la benzine et le chloroforme. Il est insoluble dans l'eau. Il est soluble également dans l'huile et les solutions alcalines.

Il se dissout dans l'aniline chaude en donnant une combinaison à couleur jaune orangé brillant, très peu soluble à froid et se séparant en cristaux jaunes.

Cette propriété est employée dans la méthode de dosage de Carruth.

Le gossypol P.F. 214° se dissout dans les mêmes solvants (soluble dans éther et acétone; moins soluble dans les autres solvants organiques, insoluble dans l'eau, soluble dans les solutions alcalines; décomposé par un excès d'alcali).

Le d-gossypol présente des propriétés différentes quant à la solubilité. Il est insoluble dans l'éther, mais reste soluble dans l'aniline chaude, propriété qui permet le dosage séparé des deux formes de gossypol.

Avec le K et le Na, le gossypol forme des gossypolates alcalins très solubles dans l'eau et extrêmement sensibles aux agents d'oxydation. La solution d'abord jaune, devient brun verdâtre, puis d'un beau bleu, puis la coloration disparaît peu à peu.

Avec l'acide acétique, le gossypol forme un produit d'addition qui se présente sous forme d'une poudre cristalline rouge.

Il peut également s'additionner avec deux molécules d'eau et former l'« hydrogossypol ». Enfin, il peut entrer en combinaison avec des radicaux imidés et avec les sels de fer. Ces combinaisons insolubilisant le gossypol, diminuent ou annulent sa toxicité. Ainsi les farines de coton seraient rendues inoffensives par l'addition de 2 à 4 % de $\text{Fe SO}_4 + 7 \text{H}_2\text{O}$.

La chaleur sèche à 100° ne modifie pas le gossypol contenu dans les graines; par contre, la chaleur humide provoque sa transformation en d-gossypol. Les conditions requises de température et d'humidité sont exposées plus loin.

Une propriété particulière du gossypol — qui ouvre certaines perspectives d'utilisation industrielle — consiste en un pouvoir anti-oxydant marqué.

Cette propriété pourrait être mise à profit pour la conservation des huiles végétales ou des graisses, dont le rancissement serait prévenu par l'addition de petites quantités de gossypol.

Le gossypol partage d'ailleurs cette propriété avec les tocopherols présents dans l'huile de coton dans la proportion de 0.1 % (2).

Le gossypol donne les réactions colorées suivantes :

- rouge* avec l'acide sulfurique concentré;
- violet-olive foncé* avec le perchlorure de fer (Perkin);
- violet* avec l'acétate de nickel (Brissemoret et Combes);
- rouge-pourpre* avec le chlorure d'étain.

Le gossypol jouit en outre de certaines propriétés tinctoriales, décrites notamment par von Wiesner (21).

D'après cet auteur, les graines de coton contiennent une matière colorante qui, par les acides, se transforme en produit dénommé « bleu de graines de coton ». Cette matière colorante, suivant les recherches sur la chimie des pigments du cotonnier, n'est pas identique à celle des fleurs, laquelle appartient à la catégorie des flavonols. Dans l'écorce du cotonnier se retrouve aussi un principe colorant assez analogue à celui des fleurs.

D'après Semler (23), la matière colorante peut être obtenue de la manière suivante, comme sous-produit de la fabrication de l'huile. Les savons alcalins obtenus par traitement de l'huile brute à la soude dans le procédé de raffinage, entraînent avec eux les matières colorantes et diverses impuretés. Après séparation de l'huile clarifiée, ce résidu est traité à nouveau avec une lessive caustique forte provoquant la solubilisation de la matière colorante. *Grosso modo*, d'une tonne d'huile brute on obtient 7 kg. de matière colorante.

Celle-ci se présente sous forme d'une poudre brune à odeur piquante qui est insoluble dans les acides, très peu soluble dans l'eau et faiblement soluble dans l'alcool et les alcalis; son pouvoir colorant est réel, mais la stabilité assez faible.

On peut aussi, pour de plus petites quantités, traiter le précipité obtenu au raffinage de l'huile — lequel contient les acides gras, leurs produits d'oxydation et les matières colorantes — à l'éther, de façon à éliminer les acides gras. Par extraction du résidu à l'acide acétique, puis traitement au mélange acide acétique et alcool à 50 %, on obtient le gossypol sous forme d'aiguilles jaunes.

Le gossypol ainsi obtenu est soluble dans les solutions alcalines qu'il colore en jaune; la coloration passe rapidement au violet, puis se décolore. La grande sensibilité de ces solutions alcalines à l'oxydation par l'air est un indice de l'état d'impureté de la matière colorante brute obtenue comme ci-dessus. Un produit plus pur peut être obtenu en passant par une combinaison avec l'acétate de plomb, donnant un précipité jaune d'une combinaison du gossypol avec le plomb.

Le gossypol colore en gris les matières traitées aux mordants ferreux. Le produit obtenu par une oxydation dans des solvants alcalins possède des propriétés colorantes mieux déterminées.

Le gossypol peut servir de mordant, pour les colorants basiques, pour les tissus de coton.

De l'exposé ci-dessus, on peut conclure qu'une certaine imprécision continue à régner dans la chimie des pigments de la graine de coton. Cette confusion est créée par l'existence de pigments autres que le gossypol et par l'instabilité de ces produits qui — déjà au cours des opérations d'extraction — peuvent subir des modifications importantes dès qu'ils sont libérés de leurs glandes. Les recherches actuelles du Southern Regional Research Laboratory à La Nouvelle-Orléans, prenant comme point de départ les glandes résinifères intactes obtenues

par le nouveau procédé de séparation mécanique déjà cité plus haut, ont jeté plus de clarté sur la question. Les pigments suivants ont, à ce jour, été isolés au départ des glandes :

Glandes			
1			
1			
1	1	1	1
1	1	1	1
Gossypol	Gossypurpurin	Précipité orange	Gossyaerulin
		1	
		1	
	1	1	1
	1	Orange B	1
	Orange A		Orange C
	1		
	Gossyfulvine		

Le « bleu des graines de coton » des auteurs plus anciens n'est probablement pas autre chose que le gossyaerulin. Quant au gossypol rouge, les travaux de Nouvelle-Orléans concluent à son inexistence.

L'étude des propriétés chimiques particulières de chacun des pigments isolés — et aussi de leur toxicité — est poursuivie.

Les possibilités d'utilisation des pigments dans l'industrie de la teinture semblent n'avoir pas fait l'objet d'une attention particulière. Par contre, l'emploi du gossypol dans l'industrie des plastiques semble retenir plus d'attention.

Il ne manque pas d'intérêt de rapprocher les propriétés colorantes du gossypol de celles des matières colorantes extraites des fleurs du cotonnier, notamment la gossypétine qui serait employée aux Indes pour la teinture de la laine en jaune et en brun.

Au départ des fleurs de cotonnier, Wardle obtient des teintures jaune pur, jaune verdâtre, jaune orangé et jaune brun.

De la gossypétine peuvent dériver diverses autres matières colorantes, telles : gossypétone, quertzimeritrine et gossypitrine (voir Semler, « Trop. Agrik. », 2. Auf., 492).

De nouveaux progrès de la chimie des pigments du cotonnier auront sans doute pour résultat de préciser la liaison existant entre les pigments des diverses parties de la plante.

Enfin, on a décrit certaines propriétés physiologiques du gossypol en relation directe avec les possibilités d'alimentation humaine ou animale au moyen des sous-produits de la graine de coton.

Le gossypol serait toxique à partir de la dose de 0.0675 % du poids de la ration. Il y aurait lieu probablement de distinguer la toxicité relative à chaque espèce d'animal.

Les symptômes toxiques sont, chez les animaux : fèces solides, poil rude et grossier, perte d'appétit, faiblesse et démarche vacillante, perte plus ou moins complète de la vue et respiration très difficile. Finalement, les animaux tombent dans un état comateux et meurent après quelques heures ou plusieurs jours. A l'autopsie, on trouve une enflure considérable du poitrail, de la congestion d'organes variés avec œdème des poumons, un excès de liquides abdominaux et de fréquents caillots de sang dans le cœur (9).

De nombreuses expériences ont été faites sur rats et cobayes. A la dose de 0.4 % dans la ration, le gossypol provoque la mort en six à sept jours chez le rat (24). A dose réduite, il provoque un retard dans le développement et altère la fécondité.

Le gossypol présente aussi la caractéristique d'entraver l'action de la trypsine et de la lipase pancréatique sur la digestion des protéines et en particulier de la caséine et de la globuline (25-26). Ce fait expliquerait la digestibilité relativement faible des protéines des tourteaux de farine de coton chez l'homme et les animaux.

Il a été signalé plus haut que, sous l'action de la chaleur humide, le gossypol contenu dans les tourteaux se transforme en d-gossypol. Celui-ci est sensiblement moins toxique que le gossypol, mais serait cependant encore nocif pour le porc et le lapin. Le d-gossypol altérerait la conservation et peut-être la fécondité des œufs.

Les graphiques de Olcott, cités plus loin, établissent la valeur physiologique des diverses farines de coton (25).

Certains troubles physiologiques indépendants de l'intoxication par le gossypol peuvent se manifester chez certains sujets, suite à la consommation de farine de coton. Ils sont dus à des produits allergènes analogues à ceux qui provoquent les manifestations d'urticaire avec les œufs, les crustacés, etc.

Enfin, pour terminer l'exposé des propriétés du gossypol, ajoutons que ce produit est capable de colorer les matières protéiques (chromoprotéines).

CHAPITRE V.

PROCEDES DE DETOXIFICATION DES FARINES DE COTON

De l'étude du chapitre précédent, on peut conclure que quatre genres de procédés permettraient de supprimer ou d'atténuer la toxicité des tourteaux et farines de coton, à savoir :

- 1° la transformation, au sein du tourteau, du gossypol libre en d-gossypol moins toxique ;

- 2° la fixation du gossypol dans des combinaisons insolubles non toxiques ;
- 3° l'élimination intégrale du gossypol par extraction aux solvants organiques ;
- 4° l'élimination du gossypol par des procédés mécaniques.

§ 1. — *Transformation industrielle du gossypol en d-gossypol.*

Selon l'hypothèse déjà signalée ci-dessus, le d-gossypol ne serait autre chose qu'une combinaison du gossypol avec des radicaux imidés. Le gossypol, dans cette combinaison — insoluble dans les sucs digestifs — deviendrait inactif. Il serait donc logique de ranger les méthodes reprises sous cette rubrique avec celles de la rubrique suivante. Cependant, pour la clarté de l'exposé, cela n'a pas été fait.

La détoxification par transformation en d-gossypol est la méthode la plus couramment utilisée par l'industrie américaine. La raison doit en être recherchée non pas tant dans une supériorité de cette méthode, que dans le fait qu'elle est d'application aisée dans l'industrie de l'huile de coton.

Toutes les usines américaines, jusqu'aujourd'hui, opèrent, en effet, l'extraction de l'huile par pression, soit au moyen de presses à tiroirs (ou presses hydrauliques), soit au moyen de presses continues (presses à vis ou expellers).

Il suffit d'apporter à la cuisson préalable des grainés, les conditions nécessaires de température, d'humidité et de durée pour obtenir le degré de transformation en d-gossypol requis pour une détoxification suffisante des tourteaux.

Pour mieux faire saisir les modalités d'application de ces conditions, il est utile de donner un bref exposé du fonctionnement d'une huilerie de coton.

La matière première est la graine délintée. Si l'usine reçoit la graine non délintée, elle doit être équipée des délinteuses en plus de l'équipement d'huilerie proprement dit.

Le délintage est précédé d'un traitement de nettoyage, comprenant des tamis pour l'élimination du sable, de la terre et des débris végétaux ; des électro-aimants pour l'enlèvement des matières ferreuses et une soufflerie pour les poussières et autres débris légers. Les graines nettoyées et délintées passent dans la machine dénommée « huller » ou décortiqueuse, qui a pour but de couper les graines, de manière à permettre la séparation des amandes et des coques.

Cette dernière opération se fait par une combinaison de tamis à secousses et de soufflerie. Les débris de coque encore chargés d'un restant de linters, s'agglomèrent en flocons légers évacués au bout du tamis, tandis que les amandes et débris d'amandes passent au travers du tamis, en entraînant quelques menues particules de coques.

Les amandes sont évacuées vers les installations de pressage. Le traitement ici varie selon que l'on opère par presse hydraulique ou par presse à vis. Dans le premier cas, avant d'entrer à la presse, elles subissent l'opération du « flaking », au cours de laquelle elles sont roulées en flocons très minces (0.15 à 0.20 mm.), puis un réchauffage à environ 113°C. pendant trente-cinq à nonante minutes, en vue de faciliter l'expulsion de l'huile. C'est au cours de cette opération que doivent être réalisées les conditions requises pour la transformation du gossypol en d-gossypol.

La matière sortant de ce cuiseur passe à la presse hydraulique, où elle est soumise à une pression maximum de 112 kg./cm².

Dans les usines à expeller, les opérations préalables de roulage et de cuisson sont supprimées. Les amandes sortant des séparateurs, passent dans la partie supérieure des expellers, formée d'une cuve à chemise de vapeur dans laquelle la matière est malaxée et chauffée à 70°, puis poussée dans une trémie alimentant la presse à vis. Celle-ci est constituée d'une vis hélicoïdale horizontale à pas décroissant, développant en fin de course une pression considérable (775 à 1,550 kg./cm²), réglée d'ailleurs par l'ajustage de l'orifice de sortie. Le travail mécanique appliqué à la matière traitée développe au sein de celle-ci une température atteignant 90° et plus. Il existe divers modèles de presses à vis ou expellers, d'un principe fort identique. Les plus grands et plus récents modèles sont munis d'une série de trois cuves de réchauffage et de deux corps de presse, l'un vertical, l'autre horizontal. Le chauffage est poussé à 130°C.

Sous l'action de la température et de la pression, les tissus des amandes sont désintégrés; les protéines deviennent plastiques et l'huile s'échappe entre les barreaux constituant la cage de la presse. Le tourteau expulsé par l'orifice de sortie se présente sous forme de coquilles (28).

L'huile, après séparation des « pieds » qui retournent à la presse, passe aux diverses opérations de raffinage et les tourteaux passent à la mouture.

Des expériences très précises, en laboratoire et en usine, ont été effectuées aux E.U.A. par Carl M. Lyman, Bryant R. Holland et Fred Hale (29); en vue de déterminer les conditions de température, humidité et durée du traitement nécessaires à la transformation du gossypol en d-gossypol.

Des graines décortiquées provenant d'une huilerie ont été soumises en laboratoire à une série de cuissons dans des conditions variables de température, humidité et durée. Après cuisson et extraction de l'huile à la presse, les farines obtenues ont été analysées par une nouvelle méthode colorimétrique (18), de façon à déterminer le gossypol libre, et par la méthode de Smith et Halverson, pour le gossypol altéré ou d-gossypol.

D'autre part, une série d'essais d'alimentation était faite avec ces farines sur des cobayes. Les accroissements moyens en poids de ceux-ci après vingt jours et après sept semaines ont été déterminés. Ils donnent une mesure de la toxicité relative des farines. Les résultats de cette fort intéressante expérience sont condensés dans le tableau ci-dessous.

**EFFET DES CONDITIONS DE PREPARATION SUR LA TOXICITE
ET LA TENEUR EN GOSSYPOL DU TOURTEAU DE COTON**

N° de l'essai	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
30	107	40	—	7	-78	—	6	0.71	0.127	7.2
31	107	80	—	7	-20	—	2	0.70	0.098	5.0
32	115	40	—	8	-58	—	4	0.72	0.122	5.7
33	115	80	—	6	-32	—	1	0.75	0.084	5.2
34	119	90	—	4	-16	—	2	0.72	0.109	5.3
35	115	80	6.0	6	+44	+ 47	—	0.71	0.041	4.3
36	119	90	7.5	8	+64	+117	—	0.74	0.041	4.0
50	122	90	7.5	7	+83	+186	—	0.77	0.026	5.6

Légende :

1. Température de la chemise à huile chaude du cuiseur - °C.
2. Durée de la cuisson-minutes.
3. Humidité ajoutée en %.
4. Nombre d'animaux dans chaque groupe.
5. Variation moyenne de poids en 20 jours - en grammes.
6. Variation moyenne de poids en 7 semaines - en grammes.
7. Nombre de morts.
8. Gossypol total %.
9. Gossypol libre %.
10. Huile résiduelle dans le tourteau %.

N. B. — Le cobaye a été employé pour ces essais parce que plus sensible à l'intoxication par le gossypol que d'autres animaux (les rats, par exemple). Les sujets recevaient des aliments complémentaires, calculés de façon à leur assurer une ration judicieuse, notamment en vitamines et en sels minéraux.

Cette première série d'expériences ayant démontré le rôle majeur joué par le degré d'humidité ajouté aux graines, une seconde série d'essais fut entreprise, basée sur une seule variante : le degré d'humidité, la température étant fixée à 122°C. et la durée du traitement à 90 minutes. Les résultats de cette seconde série d'essais sont condensés ci-dessous :

**EFFET DES CONDITIONS VARIABLES D'HUMIDITE
DANS LA PREPARATION DU TOURTEAU DE COTON**

T° du bain d'huile: 122°C.

Durée de cuisson: 90 minutes.

Eau ajoutée en gr/100 g. d'amandes	Humidité totale au début de la cuisson	Poids moyen des cobayes sur une période de quatre semaines			Gossypol libre dans le tourteau %
		Initial	Final	Accroissem.	
Néant	8.2	291	301	10	0.114
3.1	11.0	297	318	21	0.072
5.5	13.0	294	388	94	0.052
7.5	14.6	291	428	137	0.024

En conclusion de ces deux séries d'expériences, on constate que la teneur en gossypol total n'est pas altérée par la cuisson, mais que la teneur en gossypol libre est réduite des quatre cinquièmes.

L'humidité initiale des graines étant de 8.2 %, les meilleurs résultats dans les expériences d'alimentation, aussi bien que dans la transformation chimique du gossypol, sont obtenus en ajoutant 7.6 % d'eau, c'est-à-dire en portant l'humidité totale à 14.5 % au début de la cuisson. L'évaporation de l'eau des graines sous l'influence de la chaleur ramène le degré d'humidité en fin de cuisson dans les limites compatibles avec les exigences du pressage, à condition de maintenir à 90 minutes la durée de l'opération. La température des graines en fin d'opération atteint 115°C., soit un peu moins que la température de l'huile de la chemise de chauffage. L'évaporation de l'eau au sein de la masse en cuisson explique cet écart de température.

Des deux séries d'expériences on peut conclure aussi, que l'analyse du gossypol libre — rendue très aisée par la nouvelle méthode colorimétrique de Lyman, Holland et Hale — donne un indice très suffisant de la toxicité d'une farine de coton.

Le d-gossypol n'est probablement pas exempt de toxicité; cependant, dans les essais, son action éventuelle est complètement masquée par la toxicité de loin supérieure du gossypol libre (31).

Ces essais de laboratoire furent confirmés par des essais industriels au cours desquels furent préparées 15 tonnes de tourteaux à 0.018 % de gossypol libre, qui donnèrent dans les essais de contrôle sur cobayes un rapide accroissement en poids.

L'installation industrielle consistait en un cuiseur continu à compartiments superposés (stack cooker).

L'addition d'eau aux graines décortiquées était réalisée par arrosage de la matière, avant broyage (dans le transporteur), après broyage et dans le compartiment supérieur du cuiseur, de façon à assurer une répartition aussi uniforme que possible. Le degré d'humidité était porté au minimum à 14.5 % au début de la cuisson. Pour réaliser une évaporation suffisante, en vue du pressage, des ventilateurs ont dû être ajoutés aux compartiments inférieurs du cuiseur. La température des amandes en fin de cuisson était de 114° à 115°C.

Cette étude met donc parfaitement au point les modalités requises pour la préparation industrielle de tourteaux ou farines de coton détoxifiés par transformation du gossypol libre en d-gossypol.

Nos usines congolaises pourraient, sans grands investissements complémentaires, réaliser ces conditions. Il suffit d'ajouter aux dispositifs existants les cuiseurs-malaxeurs requis, pour obtenir les conditions nécessaires de température, humidité et durée de cuisson.

Par ce procédé, la toxicité du tourteau est fortement diminuée et ramenée dans les limites de la tolérance par l'homme et les ani-

maux. Il n'est cependant pas démontré que l'usage continu de cet aliment en grosse quantité ne pourrait pas provoquer à la longue des phénomènes physiologiques défavorables chez l'homme. Le d-gossypol, en effet, comme dit plus haut, aurait encore une certaine toxicité pour le porc et le lapin. Cependant, les tourteaux préparés industriellement suivant ce procédé, sont employés en Amérique à la préparation de farines alimentaires de consommation assez courante.

Un second désavantage de la méthode résulte du fait, déjà cité plus haut, que le gossypol exerce une action inhibitrice sur la digestibilité de certaines protéines. Quel est le mécanisme de cette action; est-elle l'apanage du seul gossypol libre ou est-elle partagée — peut-être à un degré moindre — par le d-gossypol?

Mettant en regard l'action inhibitrice du gossypol libre sur la digestibilité des protéines avec sa propriété de former avec les radicaux imidés des combinaisons insolubles (qui ne seraient autres que le d-gossypol), il est logique de considérer que la dite action inhibitrice est la résultante de la formation de chromoprotéines inassimilables.

Le procédé de cuisson cause ainsi une perte de protéines digestibles au moins égale à la quantité de radicaux imidés qui se combinent au gossypol. Qu'il existe une action inhibitrice additionnelle semble peu probable.

Outre la perte de digestibilité des protéines due au gossypol, le procédé, impliquant des températures élevées, a le désavantage d'altérer la nature et la qualité des protéines par l'effet de la chaleur (voir plus loin).

En conclusion, la méthode de cuisson exposée ci-dessus assure une détoxification très poussée du tourteau. Elle maintient cependant au sein de celui-ci le d-gossypol et une certaine proportion de gossypol libre, ce qui peut constituer une nuisance. Elle provoque une perte de protéines par l'action de ce gossypol. Elle exige enfin, une cuisson prolongée à haute température, altérant la valeur protéique du produit.

Son principal avantage réside dans le fait qu'elle peut, sans installations spéciales fort coûteuses, se greffer sur les usines existantes travaillant, soit à la presse à tiroirs, soit à la presse à vis. Le fait qu'aux Etats-Unis toutes les usines étaient équipées de cette manière, lui a évidemment fait acorder la préférence.

§ 2. — *Fixation du gossypol dans des combinaisons insolubles peu toxiques.*

Les méthodes de détoxification par fixation du gossypol dans des combinaisons insolubles n'ont pas pris un grand développement. Plusieurs auteurs ont étudié et démontré la suppression de la toxicité pour les porcs par l'addition de sels de fer. Une proportion de 2 à

4 % de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ rendrait les farines de coton non toxiques. Le citrate de fer ammoniacal est utilisé dans le même but. Le fait est connu depuis de très nombreuses années (J. B. Rather, 1913 (4)), mais aucune méthode d'application courante ne semble en être résultée.

Nous avons signalé, par ailleurs, que des combinaisons du gossypol avec des radicaux imidés auraient un effet identique. Elles constitueraient le mécanisme de la détoxification par cuisson.

D'une étude récente de V. S. Gryvner et V. V. Aleksandrov (30), il résulte que le gossypol, principe toxique des tourteaux de coton, est rendu inoffensif par chauffage du tourteau avec de l'eau contenant des protéines non dénaturées.

Ainsi, l'addition de 10 % de farine de froment à la farine de coton, réduit la proportion de gossypol libre à moins de 0.01 %. La farine de coton ainsi traitée est un aliment sûr pour l'homme, parce que le gossypol, dans sa forme liée, n'est plus libéré ultérieurement par la digestion avec la pepsine et la pancréatine.

La méthode qui en résulterait, n'est nullement différente, en principe, de la détoxification par cuisson, mais elle fait intervenir des protéines étrangères au tourteau lui-même. A première vue, on est en droit de se demander le pourquoi du recours à la farine de froment. Les protéines de la graine de coton elles-mêmes ne peuvent-elles pas détoxifier le gossypol au même titre que les autres protéines non dénaturées? C'est ce qui se passe lors de la transformation du gossypol en d-gossypol par cuisson avec 14.5 % d'humidité, dans le procédé industriel exposé ci-dessus. Dans l'un et l'autre cas, il y a perte de protéines.

Cette étude cependant est de grand intérêt, car elle étaye les données précédentes et permet en toute sûreté de préconiser l'emploi des farines mélangées dont il a été question au début de cette note. Elle explique du même coup pourquoi, dans des expériences comme celles de Rather (4), aucun symptôme toxique ne fut relevé, et pourquoi la farine de coton peut avec succès être employée aux États-Unis en mélange avec le maïs ou le froment à la fabrication de pains, biscuits, etc.

On peut rapprocher de ces faits la méthode exposée par Sewell (31) et d'après laquelle un aliment détoxifié peut être préparé en faisant bouillir la farine pendant 30 minutes avec deux fois et demie son poids d'eau et en laissant ensuite refroidir dans le récipient. Les porcs pourraient consommer cette farine à raison de 25 % de leur ration. Il est évident que dans ce cas, les radicaux imidés du tourteau lui-même, assurent l'insolubilité du gossypol, sans qu'il soit nécessaire de recourir à des protéines extérieures.

L'intérêt de la méthode de fixation du gossypol sur des radicaux ferreux mélangés à la farine est évidemment de loin supérieur à l'in-

térêt que pourrait présenter la fixation sur des matières protéiques (radicaux imidés), du fait que celles-ci sont précieuses pour l'alimentation et seraient rendues inassimilables.

Pourtant, cette méthode n'est pas entrée dans la pratique courante et nous ne pensons pas pouvoir en proposer l'emploi pour la fabrication de la farine de coton alimentaire au Congo belge.

Suivant l'hypothèse déjà exposée, dont la confirmation scientifique semble évidente, la méthode de fixation sur protéines se ramènerait, somme toute, à la transformation en d-gossypol, laquelle, malgré ses désavantages, présente de grandes possibilités d'application au Congo et est d'usage généralisé aux Etats-Unis.

§ 3. — *Elimination du gossypol par extraction aux solvants organiques.*

A l'opposé des deux séries de procédés exposés aux §§ 1 et 2 qui visent à atténuer ou supprimer la toxicité du gossypol au sein du tourteau, les méthodes reprises sous la présente rubrique visent à l'extraire et à l'éliminer hors des produits alimentaires.

Leurs avantages sont évidents: suppression radicale de toute possibilité de toxicité; suppression de l'action inhibitrice des gossypols sur la digestion des protéines; possibilité d'éviter l'altération des protéines par chauffage à haute température, et, enfin, possibilité de récupérer le gossypol en vue d'une utilisation éventuelle. Les protéines obtenues peuvent être employées industriellement. Enfin, pour le point qui nous intéresse particulièrement, l'alimentation humaine, un avantage considérable est de donner une farine exempte de la couleur et du goût particuliers des farines de coton provenant des tourteaux de presse.

L'extraction du gossypol par solvants organiques est basée non seulement sur ses propriétés de solubilité exposées au chapitre précédent, mais aussi sur le pouvoir de désintégration des glandes à gossypol dont jouissent les divers solvants envisagés.

La technique industrielle de l'extraction du gossypol est intimement liée avec la technique d'extraction de l'huile par solvant, dont nous résumons ci-dessous les traits principaux.

La possibilité de l'extraction de l'huile de coton par les solvants organiques a été particulièrement étudiée, ces derniers temps, aux Etats-Unis (25, 32, 33, 34).

Le principal avantage de l'extraction par solvants est un meilleur rendement industriel: les tourteaux de presse américains renferment encore 6 à 7 % d'huile; les tourteaux extraits n'en renfermeraient plus que 2 et même 1 %. Pour l'ensemble des U.S.A., le gain annuel serait de 90,000 tonnes d'huile (28).

Le principe de l'extraction par solvant est le même — sauf quelques adaptations de détail — pour les diverses graines végétales. Ainsi l'extraction du soja, qui est d'usage courant aux Etats-Unis, peut servir de base, dans ses grandes lignes, pour l'établissement de la technologie spéciale du traitement du coton.

Des différences importantes cependant sont observées dans le comportement des deux produits. A l'opposé du soja, le coton donne des flocons qui, soumis à l'extraction, se désintègrent et ont tendance à former une masse compacte peu perméable au solvant et posant un problème assez délicat de séparation des particules fines entraînées dans le liquide. Une technique spéciale doit être mise au point. De grands progrès ont été réalisés dans ce sens et d'importantes usines d'extraction des graines de coton par solvant sont en érection aux Etats-Unis. La marche générale de l'usinage est la suivante : les graines décortiquées sont écrasées, broyées ou soumises à n'importe quel procédé de division, puis plongées dans le solvant. L'extraction se fait de manière continue et par le principe du contre-courant. La matière à extraire est entraînée par divers dispositifs mécaniques en sens inverse du flux de solvant : le solvant enrichi passe sur la matière fraîche avant d'être refoulé vers les séparateurs où l'huile est séparée du solvant ; la matière épuisée reçoit le solvant pur avant d'être transportée aux évaporateurs chargés de la débarrasser du solvant.

Le point essentiel est le choix du solvant. Le solvant idéal doit être hautement purifié, exempt de matières toxiques, non corrosif, non inflammable et aisé à récupérer par évaporation des matières traitées. Il doit en même temps être d'un prix aussi bas que possible. Il est évidemment difficile de réunir toutes ces qualités et le choix du solvant s'inspirera nécessairement des conjonctures locales.

Sous le point de vue qui nous intéresse ici, l'élimination du gossypol, deux groupes de solvants sont à considérer, à savoir : ceux qui entraîneront par dissolution à la fois l'huile et le gossypol et ceux qui n'entraîneront que l'huile, laissant le gossypol dans les tourteaux.

Le gossypol, comme dit plus haut, est soluble dans les solvants organiques, à l'exception des hydrocarbures aliphatiques. Dans ce dernier groupe se range l'éther de pétrole ou hexane, solvant le plus employé aux Etats-Unis pour l'extraction des huiles végétales, parce que peu onéreux. Dans le premier groupe se rangent l'éther éthylique, les alcools, les solvants chlorés — tel le trichloréthylène, employé avec succès en Europe. Ce dernier présente sur l'éther de pétrole l'avantage de l'inflammabilité. On lui objecte cependant qu'il pourrait, en cours d'opération, donner naissance à des traces d'acide chlorhydrique susceptibles de provoquer la corrosion des appareils. De plus, aux Etats-Unis, il a été observé que les huiles extraites aux solvants chlorés se prêtaient moins bien à l'hydrogénation, du moins avec les catalyseurs couramment utilisés dans ce pays.



FIG. 2. — Installation de laboratoire pour l'étude de l'extraction continue aux solvants, au « Texas A. & M. College ».

Cliché Texas A. & M. College (34).

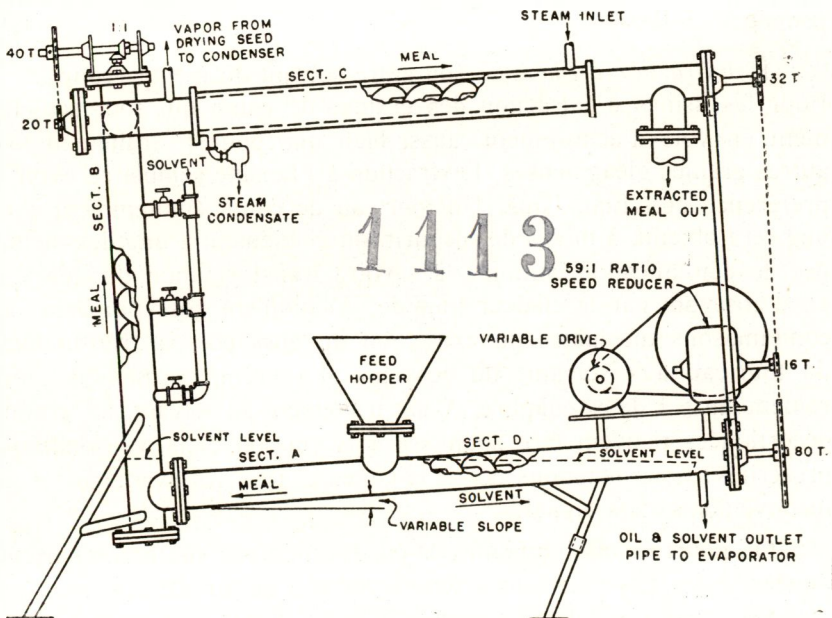


FIG. 3. — Diagramme de l'installation représentée à la fig. 2.

Cliché Texas A. & M. College (34).

Si l'extraction se fait à l'hexane (ou avec un autre hydrocarbure aliphatique), une minime proportion du gossypol est entraînée par le solvant, notamment en solution dans l'huile, mais la majeure partie reste dans le tourteau; celui-ci est jaune et très toxique.

Si, par contre, l'extraction se fait à l'éther éthylique, à l'alcool ou au trichloréthylène ou un autre solvant du même groupe, la totalité du gossypol est entraînée dans l'huile, sous réserve que les conditions de l'opération, température, durée de contact, degré de finesse, d'humidité, etc., assurent la désintégration des parois pectiques des glandes à gossypol (10). Le tourteau, dans ce cas, est blanc et dépourvu de toute toxicité.

La présence du gossypol dans l'huile brute n'est pas un sérieux inconvénient puisque, comme dit plus haut, il est aisément éliminé dans le processus de clarification de l'huile. Une certaine mise au point des méthodes est cependant nécessaire pour le traitement de l'huile brute ainsi obtenue. Pour la purification de cette huile, il faut notamment éviter une température trop élevée qui provoque une fixation de la coloration.

Le retraitement des tourteaux jaunes, obtenus par l'extraction à l'hexane, au moyen d'un des solvants du deuxième groupe, permet d'en extraire la totalité du gossypol, donnant comme produits un tourteau blanc non toxique et du gossypol quasi pur.

Du point de vue de l'obtention de tourteaux non toxiques, plusieurs possibilités industrielles se présentent donc dans le cadre des principes ci-dessus :

1° *Extraction à l'hexane* (ou autre solvant du même groupe). — Pour les usines d'extraction des graines de coton qui sont actuellement en voie d'achèvement, aussi bien que pour le traitement des autres graines oléagineuses, l'extraction à l'hexane semble recevoir la préférence aux Etats-Unis. Un tourteau de coton éminemment toxique sera obtenu, à moins de recourir simultanément à une des méthodes de détoxification connues, à savoir : transformation du gossypol en d-gossypol par la chaleur humide; fixation du gossypol dans des combinaisons insolubles ou extraction du gossypol par retraitement du tourteau aux solvants du gossypol. La première méthode nous ramène au § 1 de ce chapitre. Avant traitement au solvant, les graines décortiquées peuvent être soumises à la cuisson dans les conditions prescrites; nous obtenons de ce fait même, tous les avantages et les inconvénients déjà signalés.

On pourrait aussi appliquer la cuisson non pas aux graines décortiquées, mais aux tourteaux extraits, en vue de les détoxifier.

La cuisson préalable à l'extraction n'a aucun effet défavorable sur la purification ultérieure de l'huile, ni sur le tourteau; par contre,

des essais auraient démontré qu'elle provoque une certaine perte d'huile à l'extraction.

L'extraction sans cuisson préalable serait donc préférable sous ce rapport, mais la détoxification ultérieure par cuisson serait quelque peu contrecarrée. Il peut être paré à ces difficultés par une mouture très fine du tourteau, ce qui permet de le détoxifier par un traitement moins sévère.

Une seconde possibilité de détoxifier les tourteaux extraits à l'hexane et que nous citons simplement pour mémoire, consisterait à y fixer le gossypol dans des combinaisons insolubles (radicaux ferreux, par exemple).

Enfin, les tourteaux jaunes extraits à l'hexane peuvent être soumis à une seconde extraction par un solvant du gossypol. Cette méthode de double extraction présente sur l'extraction simultanée de l'huile et du gossypol les avantages de fournir une huile brute plus aisée à raffiner par les méthodes ordinaires et de permettre une séparation facile du gossypol, offrant ainsi des possibilités idéales de récupérer celui-ci en vue d'une utilisation éventuelle. Son seul inconvénient est sa complexité relative.

2° *Extraction à l'éther éthylique, aux alcools ou aux solvants chlorés.* — Sans qu'il soit nécessaire de recourir aux procédés de cuisson ou à la double extraction, nous obtenons ici un tourteau résiduel blanc, non toxique, dans lequel les protéines sont restées intactes. L'élimination du gossypol hors de l'huile, ainsi que dit plus haut, ne présente pas de grosses difficultés. Cette méthode offre sur la méthode de la double extraction l'avantage de la simplicité. Par contre, la récupération du gossypol en vue d'une utilisation économique est plus complexe. Il faudra, dans ce cas, rechercher ce produit dans les résidus de la purification de l'huile suivant, par exemple, les méthodes exposées plus haut d'après Semler (23).

Il semble qu'au Congo, le procédé d'extraction aux solvants doit retenir toute l'attention, non seulement pour le coton, mais pour toutes les graines oléagineuses, notamment pour le tung.

Pour le coton, l'extraction aux solvants présente les avantages particuliers de permettre, dans certains cas, une détoxification absolue des tourteaux et la récupération du gossypol. Pour tous les produits oléagineux, elle assure un rendement en huile maximum. C'est la méthode la plus moderne et celle qui présente le plus d'avenir. Le Congo, n'ayant pas comme d'autres pays le fardeau d'un énorme équipement industriel conçu pour l'extraction de l'huile par des méthodes surannées, devrait mettre à profit l'excellente opportunité qui lui est offerte de s'équiper de la façon la plus progressiste.

Un point cependant est à étudier très attentivement : le choix du solvant à employer. Nous devons ici nous écarter des techniques américaines qui utilisent quasi exclusivement les hexanes dérivés du

pétrole, trop coûteux en Afrique et peu intéressants en raison de la toxicité des tourteaux résiduels. Les méthodes européennes aux solvants chlorés, éther éthylique, etc., seraient applicables. Cependant, ces solvants devant être importés, seraient coûteux. Nous proposons d'orienter plutôt les recherches vers des solvants qui pourraient être produits sur place, à savoir : les alcools. Ceux-ci peuvent provenir, soit de la distillation des bois, soit de la distillation des matières amy-lacées (manioc, par exemple). Des études sont poursuivies au Texas (Agricultural and Mechanical College, Texas) sur l'extraction des huiles de coton et la détoxification des tourteaux par les solvants alcooliques. Les premiers travaux ont été faits avec l'alcool isopropylique. Des résultats fort intéressants ont été obtenus, ils feront l'objet d'une publication très prochaine. Il est permis de supposer que des résultats également intéressants pourraient être obtenus avec d'autres alcools, même doués d'un pouvoir dissolvant moindre.

Les alcools ont une bonne action de désintégration sur les parois pectiques des glandes à gossypol. Ils entraînent non seulement les huiles et les pigments, mais aussi les sucres (notamment le raffinose présent dans les graines de coton). De plus, ils s'affaiblissent aux dépens de l'humidité présente dans la matière à traiter. D'ores et déjà, il appert que la séparation des huiles, des pigments et des sucres présentera des problèmes un peu différents de ceux que pose l'extraction à l'hexane. Des tours de rectification seront également nécessaires pour régénérer les solvants. Cependant, la méthode, de l'avis des auteurs, présente des avantages très marqués et est susceptible de développements industriels importants, même en compétition avec les solvants dérivés du pétrole, dont le prix de revient aux Etats-Unis est fort réduit. *A fortiori* mérite-t-elle toute l'attention des industriels en Afrique.

§ 4. — *Elimination du gossypol par des procédés mécaniques.*

En dehors des méthodes d'élimination du gossypol par solvants, il existe certaines méthodes pour l'élimination de ce produit par des procédés mécaniques. Nous n'avons guère de détails sur ces méthodes, auxquelles se rattacherait notamment le procédé Skipin, breveté en Russie.

Le procédé Skipin consisterait à extraire l'huile en deux opérations. Au cours de la première, effectuée dans des tambours perforés, à des températures comprises entre 20° et 85°, le gossypol libre est entraîné dans l'huile. Il s'agit sans doute d'extraction centrifuge.

Au Texas, les Trader Oil Mills, à Fort Worth, préparent une farine alimentaire au départ du tourteau de presse, suivant le procédé Mac Math. Ce dernier a été exposé au « First Cotton Research Congress » à Dallas (Texas) en 1940 (35).

Apparemment, le procédé consiste en une séparation mécanique particulièrement soignée des linters et des coques avant traitement, de manière à obtenir des amandes parfaitement propres. Celles-ci sont soumises à un flaking extrêmement fin (0.004 à 0.0025 mm.) brisant la grosse majorité des cellules (84 %). Les conditions de cuisson (température et humidité) doivent être très minutieusement ajustées. L'extraction se fait à la presse hydraulique. Les tourteaux, après mouture au moulin à marteaux, sont traités par des séparateurs à air éliminant les éléments fins qui constituent la farine. Il nous paraît probable que, dans ce procédé, la division mécanique extrêmement fine provoque la rupture de la majorité des glandes à gossypol en même temps qu'elle libère les particules huileuses, provoquant la solubilisation du gossypol dans l'huile avant que la cuisson ne le fixe sur les protéines. Les glandes à gossypol restées intactes seraient éliminées par la séparation pneumatique de la farine. Celle-ci est très fine : 98 % passent au tamis de 200 mesh.

Le produit obtenu présente donc un degré de détoxification très poussé. Par contre, il fournit des protéines altérées.

Une méthode beaucoup plus parfaite, basée sur les découvertes de Charlotte Boatner et de ses collaborateurs, est à l'étude au Southern Regional Research Laboratory (10). Le procédé a atteint le premier stade d'usine pilote. Il consiste en une combinaison de l'extraction de l'huile par solvants et de la séparation des glandes et des débris de coques par flottage, après désintégration très poussée des tissus de la graine. Le procédé est idéal dans sa conception, mais pose des problèmes assez complexes dès qu'on l'envisage sur le plan industriel. Dans ses grandes lignes, la méthode est la suivante : les graines sont finement moulues, puis traitées par un mélange de liquides organiques composé de telle façon que son poids spécifique soit intermédiaire entre celui des tissus des coques, d'une part, et celui des tissus de l'amande et des glandes, d'autre part. La centrifugation permet la séparation des tissus des coques, plus lourds.

La densité du liquide est alors modifiée par addition de ses composants les plus légers, de manière à devenir intermédiaire entre celle des tissus de l'amande et celle des glandes. Les glandes flottent, les tissus de l'amande se déposent ; la centrifugation en permet la séparation.

Les liquides organiques, entre-temps, ont achevé la dissolution de l'huile ; il restera à séparer celle-ci par les méthodes ordinaires de distillation et de récupération des solvants.

Le résultat est une séparation parfaite des divers constituants :

- 1° les glandes intactes avec tous leurs pigments non altérés ;
- 2° la farine d'amandes parfaitement détoxiquée, décolorée et avec toute sa richesse protéique intacte ;

3° l'huile ;

4° la farine des coques.

Cette méthode est certainement trop complexe pour pouvoir retenir notre attention en ce moment.

Enfin, au nombre des procédés physiques de détoxification, se rangent les méthodes — peu étudiées jusqu'à ce jour — de destruction du gossypol par irradiations.

CHAPITRE VI.

PREPARATIONS ALIMENTAIRES AU DEPART DE TOURTEAUX TOXIQUES

Le chapitre précédent décrit les méthodes susceptibles de détoxifier les tourteaux ou farines au cours des processus de fabrication. Ce sont, à notre avis, les seules méthodes susceptibles de donner un grand développement à l'emploi des farines de coton dans l'alimentation humaine.

Au départ de tourteaux toxiques, tels ceux qui proviennent d'une extraction à la presse sans cuisson préalable appropriée ou d'une extraction à l'hexane, il est possible, néanmoins, de préparer des aliments consommables par l'homme. A cette fin, il suffit que la préparation des aliments réunisse les conditions voulues pour la fixation du gossypol libre sur radicaux protéiques ou sur radicaux ferreux, par application des principes développés aux §§ 1 et 2 du chapitre précédent.

Inutile de dire que ces aliments présenteront tous les inconvénients déjà signalés à propos de l'application industrielle de ces mêmes procédés en huilerie, à savoir : goût et couleur prononcés, risque de toxicité résiduelle appréciable, pertes de protéines assimilables. Nous ne voyons qu'un avantage à ces méthodes : leur applicabilité immédiate. C'est d'ailleurs à elles qu'il est proposé de recourir pour les essais d'appétence demandés dans les conclusions de cette note.

La détoxification par les sels de fer, semble ne pas pouvoir trouver d'application pour les préparations alimentaires pour l'homme. Restent les méthodes de cuisson.

Pour obtenir une détoxification suffisante des aliments par transformation en d-gossypol ou fixation sur radicaux protéiques, il suffira, par exemple, d'appliquer à la cuisson les conditions minima de température, humidité et durée déterminées par Lyman, Holland et Hale (29) ou encore par Sewell (31) ou par Gryvner et Aleksandrov (30).

Deux méthodes de préparation des aliments peuvent être envisagées : l'ébullition à l'eau et la panification ou biscuiterie.

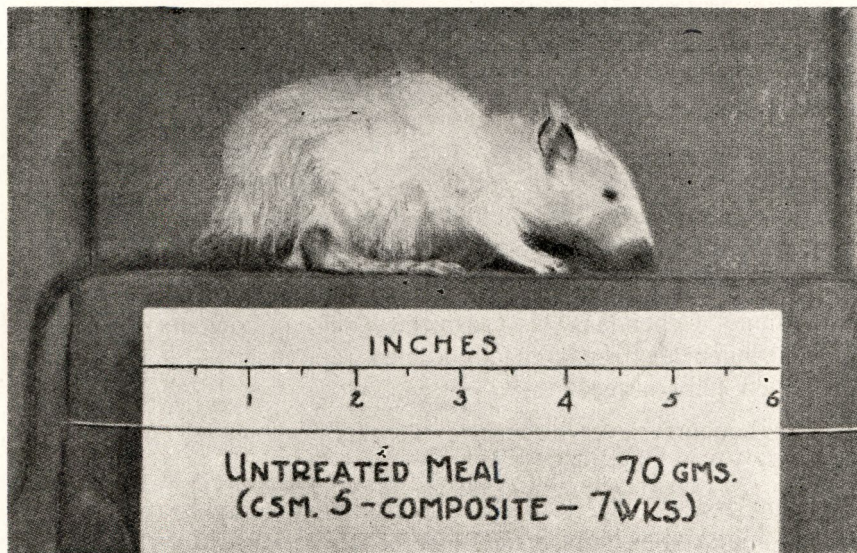


FIG. 4. — Rat soumis à une ration à base de farine de coton contenant 0.252 % de gossypol libre.



FIG. 5. — Rat soumis à une ration identique à celle du rat représenté à la fig. 4, mais traitée à la chaleur humide avant l'ingestion.

Clichés reproduits avec la permission de l'« Alabama Agricultural Experiment Station », Station Bull, n° 250, march 1943 (31).

Dans le premier groupe, se rangent les potages, bouillons ou pâtes bouillies. Suivant Sewell, une ébullition de 30 minutes avec deux fois et demie son volume d'eau détruira la toxicité de la farine. Si d'autres protéines, notamment de la farine de froment, sont ajoutées au bouillon, le procédé se rattachera à la méthode Gryvner et Aleksandrov. Par la cuisson à l'autoclave, il sera possible d'atteindre la température de 115°, ce qui donnera plus de garantie encore en permettant de réaliser les conditions minima fixées par Lyman, Holland et Hale.

Le recours à ces préparations culinaires, au Congo, sera forcément limité. Cependant, les organismes, tels qu'hôpitaux et prisons, qui distribuent des repas chauds à leurs rationnaires, pourraient utilement en faire usage.

En boulangerie et biscuiterie, des applications sur plus grande échelle seraient possibles.

Suite à des études techniques et économiques assez approfondies de ces applications, une firme belge se déclarerait disposée à entreprendre des réalisations industrielles immédiates dans ce domaine, au Congo.

Des recettes pour biscuits et des formules de panification ont été mises au point. Les produits obtenus sont extrêmement satisfaisants du point de vue présentation et goût. On peut cependant reprocher à ces expériences le recours exclusif à la farine de froment pour la composition des mélanges panifiables. Il sera, en effet, difficile d'appliquer économiquement ces formules sur grande échelle, du fait que, au Congo, la farine de froment est trop onéreuse — s'il s'agit de farine importée — ou trop peu abondante, s'il s'agit de farine locale. Il est à supposer que les essais seront repris avec des farines plus communes, telles que maïs ou manioc. Le problème, considéré sous cet angle, est plus délicat du fait des qualités de panification inférieures de ces farines. Rappelons que les premières expériences d'alimentation humaine ont été faites, en 1913, par J.-B. Rather, au moyen de pains de coton et de maïs.

La teneur en gossypol libre des pains et biscuits préparés, a été déterminée dans les laboratoires de la firme intéressée, par la méthode de Carruth (1917). Elle aurait été trouvée nulle. Il faut cependant relever que les premiers essais de fabrication ont été faits non avec du tourteau ordinaire des usines congolaises, mais avec des tourteaux préalablement détoxifiés. Des travaux seront poursuivis sur le tourteau ordinaire d'huileries, en vue d'une application prochaine au Congo, en collaboration avec une firme cotonnière congolaise.

Ci-dessous quelques renseignements qui ont pu nous être communiqués sur les préparations expérimentées.

Trois types de biscuits pour indigènes ont été fabriqués. Le tableau suivant en donne les caractéristiques :

Type N°	Ingrédients				Composition chimique		
	Farine froment	Farine coton	Sel	Huile de palme	Albumine	Graisse	Eau
I	kg 70	kg 30	kg 5	kg 10	% 17.63	% 7.76	% 12.63
II	70	30	5	20	16.89	17.38	8.99
III	70	30	5	30	16.25	24.64	7.82

Les différences observées dans la teneur en eau, proviennent des quantités variables d'eau nécessaires à la fabrication de la pâte, selon la teneur en matières grasses. Ramenées à 7 % d'humidité, les teneurs en albumine et en graisse deviennent :

	Albumine	Graisses
I	18.80	8.26
II	17.26	17.76
III. . . .	16.39	26.87

L'addition d'huile de palme ou d'une autre matière grasse est indispensable pour prévenir un durcissement excessif à la cuisson. Ces biscuits représentent, sous un faible volume, une valeur alimentaire considérable et peuvent être d'une grande utilité, non seulement pour la consommation courante, mais aussi pour les cas d'urgence.

Les résultats des essais de panification ne sont pas moins intéressants. Ils sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Type N°	Composition		Absorption d'eau de la farine	Volume spé- cifique du pain p ^r 1 gr. de pâte	Analyse		
	Froment %	Coton %			Eau %	Albumine brute %	Albumine brute s/mat. sèche %
I	100	—	50	2.21	37.92	9.19	14.80
II	90	10	67	2.30	33.76	12.31	18.60
III	80	20	71	1.94	37.22	13.88	22.10
IV	70	30	67	1.49	40.57	15.58	26.20

La farine de froment utilisée à la fabrication de ces pains et biscuits avait un coefficient de blutage de 80 %.

La farine de coton provenait d'un tourteau américain particulièrement pauvre en matières grasses (1.347 %), ce qui laisserait supposer une extraction de l'huile aux solvants. Une série de broyages et de blutages a permis d'extraire de ce tourteau 51 % d'une farine fleur très fine, laissant un résidu fort intéressant pour l'alimentation du bétail. Ce coefficient de blutage se rapproche de celui que nous proposons ci-avant.

Il n'a pas encore été déterminé dans quelle mesure les tourteaux, parfois fort toxiques, des usines congolaises, pourront servir à ces préparations alimentaires. La question se réduit à savoir si la température au sein de la pâte en cuisson, le degré d'humidité et la durée de cuisson sont suffisants pour assurer la détoxification.

Jusqu'à preuve du contraire, nous considérons que ces conditions risquent d'être insuffisantes. Pour cette raison, il serait opportun de ne pas dépasser 12 1/2 % de farine de coton dans les mélanges alimentaires.

CHAPITRE VII.

VALEUR ALIMENTAIRE DE LA FARINE DE COTON

La valeur alimentaire d'un produit ne dépend pas seulement de sa composition brute en éléments nutritifs, mais du coefficient de digestibilité de ces éléments, c'est-à-dire de la mesure dans laquelle ces éléments nutritifs sont utilisés par l'homme ou l'animal qui les consomme.

La formule brute de composition des farines de coton est soumise à certaines variations dépendant en premier lieu de la perfection de la séparation des coques, de l'huile résiduelle laissée par le pressage ou l'extraction, du degré de dessiccation, bref de divers facteurs technologiques, et en second lieu de facteurs biologiques liés à la variété et aux conditions de culture.

Nous avons donné au chapitre premier de cette étude la composition des graines entières. Après délintage, décorticage et enlèvement des coques, puis extraction de l'huile à la presse, il reste un tourteau représentant environ 43 % du poids des graines et dont la composition approximative moyenne est la suivante (4) :

Eau	7 %
Protéines	39.4 à 44.6 %
Graisses	7.2 à 10.0 %
Extrait non azoté	29.4 à 25.2 %
Fibres.	10.8 à 6.5 %
Cendres	6.2 à 6.7 %

Pour les tourteaux extraits aux solvants, la teneur en graisse se réduit à 1 ou 2 % et les autres éléments augmentent en proportion.

Les tourteaux sont essentiellement utilisés à l'alimentation du bétail et se vendent à la teneur en protéines. En valeur protéique, ils se comparent aux tourteaux de soja et d'arachides. La teneur minimum commercialement exigée est 36 % de protéines. La classification commerciale des tourteaux américains a été exposée d'une façon très complète par Van den Abeele (36).

Il ressort de cet exposé que le commerce ne tient pas compte, dans la valorisation des tourteaux de coton de la digestibilité des pro-

téines, ni de la teneur en matières grasses. L'huile laissée dans le tourteau par une extraction incomplète se vend donc au prix du tourteau, d'où l'intérêt des méthodes par solvants qui ne laissent que 1 % de matières grasses et augmentent en proportion la teneur en protéines. Ces dernières, en outre, ont une meilleure digestibilité.

La valeur alimentaire d'un produit protéique dépend non seulement de sa teneur brute en protéines, corrigée par son coefficient de digestibilité, mais encore de la constitution même des protéines, c'est-à-dire de la nature des acides aminés auxquels elles donnent naissance au cours des phénomènes de digestion.

Au nombre des divers acides aminés nécessaires au métabolisme humain ou animal, les uns peuvent être synthétisés ou transformés par l'organisme lui-même au départ d'acides aminés communs, tandis que d'autres doivent être trouvés sous leur forme définitive dans l'alimentation. C'est le cas pour le tryptophane (indolalanine), pour la lysine et pour la cystine.

La valeur alimentaire maximum est l'apanage des matières protéiques qui apportent une proportion suffisante de ces acides aminés indispensables.

De plus, pour ce qui est de l'homme tout au moins, il paraît démontré que certains acides aminés doivent nécessairement être pris dans le règne animal, l'organisme ne pouvant les élaborer au départ d'acides aminés végétaux.

Un premier classement des protéines de la graine de coton peut être établi d'après leurs solubilités. Celles-ci, d'après Osborne et Voorhes (cit. 37), seraient :

	Protéines dans les amandes désuillées %	Azote en % de l'azote total des amandes %
Soluble dans l'eau	0.75	2.0
Soluble dans une solution salée	15.83	42.3
Soluble dans les alcalis.	17.00	44.3
Insoluble dans les alcalis	4.27	11.4

La séparation des diverses protéines a été entreprise par Titthausen et par Osborne et Voorhes (cit. 37). Les résultats sont incomplets. Cependant, une globuline — l'« édestine » — a été obtenue en grande quantité et à l'état pur. Par hydrolyse de cette édestine, Abderhalden et Rostoski (1925) obtiennent les résultats suivants :

Glycocolle.	1.2 %
Alanine	4.5 %
Valine	—
Lelucine	15.5 %
Serine	0.4 %

Acide aspartique	2.9 %
Acide glutamique	17.2 %
Tyrosine	2.3 %
Phénylalanine	3.9 %
Proline	2.3 %
Tryptophane	—

D'autres auteurs, par contre (1924), signalent dans l'édestine 1.07 % de cystine et 2.58 % de tryptophane. Or, ainsi que dit ci-dessus, ce sont précisément là deux acides aminés particulièrement importants.

Voici, d'après Nollan (1915) et d'après Hamilton, Nevens et Grindley (1921), la répartition de l'azote dans le tourteau de coton, par la méthode Van Slyke :

	1915 %	1921 %
N de humine	6.27	6.30
N de cystine	2.74	0.94
N de arginine	12.74	18.71
N de histidine	7.57	7.17
N de lysine	1.94	4.21
N mono-aminé (1)	45.02	40.72
N non-aminé (1)	7.49	2.87
N soluble dans l'éther	—	0.10
N soluble dans l'alcool	—	0.55
Non-protéique	—	5.56
N aminé	14.46	9.41
N perdu à l'analyse	—	3.29
(1) Y compris l'azote de proline, oxyproline et tryptophane.	97.86	99.83

D'autre part, le tableau de Lucie Baudouin et Henri Simonet donne pour les matières protéiques de la farine de coton la composition suivante (en regard la composition des matières protéiques de la viande et de la farine de soja) (cit. 36) :

	Farine de coton %	Viande %	Soja %
Azote amidé	14.06	6.63	22.97
» humique	—	1.76	3.69
» de la cystine	2.74	0.90	1.52
» de l'arginine	19.52	11.10	15.52
» de l'histidine	7.17	8.45	2.60
» de la lysine	4.78	9.81	7.02
» des acides mono-aminés	45.02	57.00	48.76
» non aminé	—	4.45	7.12
Tryptophane	—	1.43 à 1.80	0.54

Les chiffres cités par les divers auteurs sont assez peu concordants. Une certaine confusion semble donc régner encore dans les connaissances quant à la distribution de l'azote des graines de coton entre les diverses formes protéiques et, notamment, une incertitude subsiste quant à la présence de l'acide aminé le plus indispensable, le tryptophane. La plupart des auteurs s'accordent à reconnaître la présence de la lysine et de la cystine.

Indépendamment même des considérations ci-dessus, relatives à la composition des protéines du coton, vouloir recommander la farine de coton comme unique source de protéines d'une ration animale et surtout humaine, serait une erreur, du fait que pour l'homme, notamment, une proportion déterminée de protéines d'origine animale serait toujours requise. Cependant, par sa composition variée et notamment par l'existence d'une proportion non négligeable de cystine et de lysine et la présence probable de tryptophane, la farine de coton se recommande comme un magnifique complément à une ration protéique déficiente en quantité aussi bien qu'en variété, ce qui est le cas de la plupart des régimes alimentaires des indigènes d'Afrique centrale.

A côté des matières protéiques, la farine de coton apporte à l'alimentation une teneur en matières grasses variable selon le coefficient d'extraction de l'huile et allant jusque 10 %.

L'extrait non azoté, qui consiste en matières cellulosiques et hydrocarbonées, est relativement important (15 % environ).

Enfin, les matières minérales ou cendres (d'après l'analyse de cendres de tourteaux du Congo belge faite à l'Institut National d'Agronomie de Nogent-sur-Marne [cit. 36]) contiennent :

Humidité	9.10 %
Insoluble dans les acides (charbon et cendres insolubles)	39.54 %
K ₂ O	12.40 %
CaO	2.38 %
P ₂ O ₅	1.15 %

D'après Morrison (6), pour des tourteaux américains, les matières minérales sont :

Calcium	0.24 %
Phosphate	1.14 %
K	7.30 %
Na	—

La valeur de la farine de coton est avant tout fonction de sa richesse protéique. Les autres éléments ne sont qu'accessoires. C'est en particulier le coefficient de digestibilité des protéines qu'elle contient qui permettra de la mettre en comparaison avec les autres aliments protéiques.

La question est particulièrement complexe, du fait que le coefficient de digestibilité est altéré par la cuisson à haute température, employée dans le procédé industriel le plus courant et qu'il est, d'autre part, altéré par la présence du gossypol qui insolubilise certaines protéines. Divers auteurs ont étudié expérimentalement la digestibilité pour les animaux et pour l'homme des divers principes nutritifs de la farine de coton et, en particulier, de ses protéines. Les expériences ont été faites au moyen de tourteaux commerciaux et il n'est pas possible de retracer les traitements industriels auxquels ceux-ci ont été soumis, traitements susceptibles d'altérer la digestibilité.

D'après Morrisson (6), les coefficients de digestibilité pour les principes nutritifs du tourteau de coton sont les suivants :

Protéines.	83 %
Graisses	97 %
Fibres.	69 %
Extrait non N.	79 %

Fraps (38) et Rather (4) ont étudié l'alimentation humaine au moyen de farine de coton et ce dernier a établi le tableau ci-dessous de la digestibilité comparée des farines de coton et de divers autres aliments.

PARTIES DIGEREES POUR 100 PARTIES INGEREES

ALIMENTS	Protéines digérées	Graisses (y compris l'extrait non azoté divisé par 22)	Valeur énergétique approximative
Cotton seed meal (Texas)	36.94	18.51	37
Cotton flour	39.33	18.72	38
Œufs	12.80	11.40	18
Bœuf (flancs)	19.01	20.04	30
Bœuf (filet)	15.14	16.05	24
Gigot de mouton	18.14	16.62	26
Pain maïs-coton	7.91	18.42	22
Pain froment moyen	7.82	25.50	30
Pain maïs	3.66	18.37	20
Farine maïs-coton (20 % coton)	13.95	32.22	39
Farine maïs	7.59	36.85	41
Farine froment-coton (20 % coton)	15.63	30.14	38
Farine froment	9.69	34.50	40
Produits de boulangerie froment-coton			
50 % eau minimum	8.80	16.99	21
6 % eau minimum	16.52	31.93	40

C'est plus à ce tableau qu'aux chiffres de composition brute des aliments qu'il convient de se rapporter pour établir la valeur alimentaire relative de la farine de coton. A poids égal, la farine de coton contient environ deux fois autant de protéines digestibles que la

viande, trois et demi fois autant que la farine de froment et cinq fois autant que la farine de maïs.

Une meilleure notion de la digestibilité relative de divers produits est acquise par l'examen, non pas des proportions digérées par quantité brute ingérée, mais par la comparaison des coefficients de digestibilité de chaque élément nutritif.

COEFFICIENTS DE DIGESTIBILITE

	Protéine %	Graisse %	Extrait non azoté %
Viande	96.6	99.7	—
Tourteau de coton.	77.6	95.0	65.9
Farine de coton	79.5	95.0	70.3
Moyenne céréales	85.0	90.0	98.0
Moyenne légumineuses	78.0	90.0	97.0
Tourteau coton (chiens)	71.6	—	—
Tourteau (ruminants)	88.4	93.3	60.6

En résumé, la digestibilité des protéines de la farine de coton est égale à celle des pois et haricots, inférieure de un dixième à celle des céréales et de deux dixièmes à celle de la viande.

Ces conclusions sont extrêmement intéressantes, mais il convient de signaler qu'il s'agit dans le cas sous revue de protéines dont la digestibilité peut, dans une certaine mesure, être entravée par une altération due à la cuisson et à la présence de gossypol. Un indice très certain de la valeur de loin supérieure d'une farine débarrassée de gossypol sous quelque forme que ce soit — et non dénaturée par la cuisson —, nous est donnée par des expériences d'alimentation effectuées sur des rats par H. S. Olcott (25). Les essais ont mis en comparaison les objets suivants : I - la farine extraite à l'éther éthylique ; II - la farine commerciale ; III - la farine extraite à l'éther éthylique soumise pendant une heure à cuisson à l'autoclave ; IV - la farine extraite à l'éther de pétrole soumise à la même cuisson, et V - la farine extraite à l'éther de pétrole non soumise à la cuisson.

Compte tenu de ce qui a été exposé plus haut, le lecteur remarquera que l'objet I représente la farine non cuite et débarrassée de gossypol sous n'importe quelle forme.

C'est le type de farine qui serait obtenu industriellement par l'extraction aux solvants susceptibles d'extraire le gossypol.

L'objet II représente la farine au sein de laquelle le gossypol est en partie transformé en d-gossypol par cuisson préalable.

L'objet III, la farine débarrassée de tout gossypol, mais altérée par la cuisson.

L'objet IV, la farine contenant la majorité du gossypol des graines à l'état libre, soumise à cuisson ultérieure pour la transformation en d-gossypol.

L'objet V, la farine contenant la majorité du gossypol des graines sous forme libre.

La valeur alimentaire de ces diverses farines se représente d'une façon très imagée par le graphique du poids moyen des animaux (rats mâles) nourris sur ration comprenant la farine de coton comme unique source de protéine (à raison de 12 % de protéine dans la ration) (fig. 6).

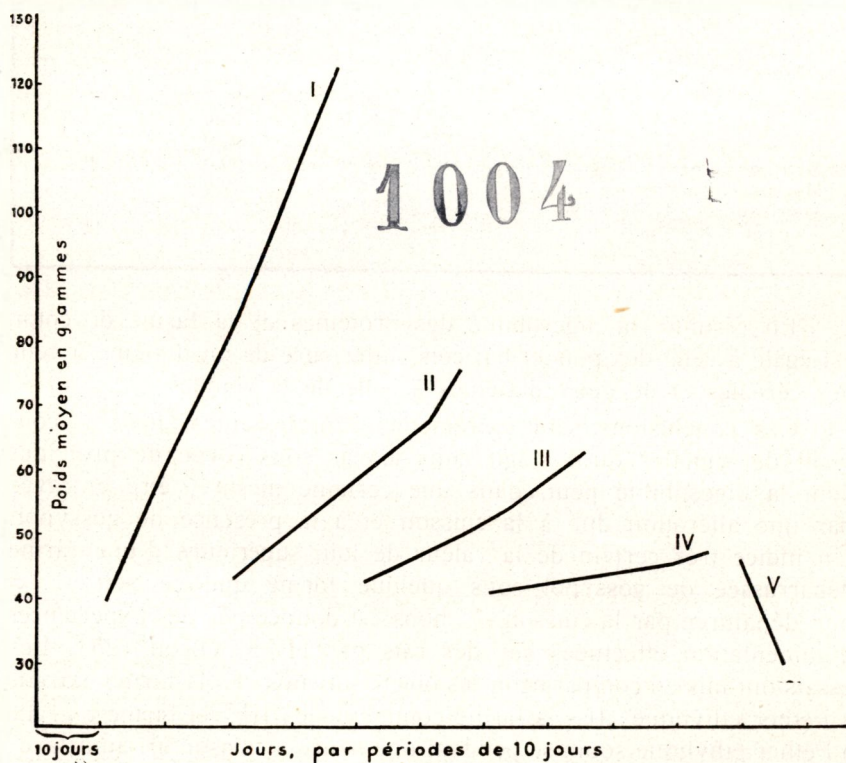


FIG. 6. — Courbes d'accroissement des rats nourris avec diverses farines de coton. (D'après H. S. Olcott.)

En trente-cinq jours, les rats de l'objet I gagnaient environ 85 grammes par animal; ceux de l'objet II, 36 grammes; ceux de l'objet III, 23 grammes; ceux de l'objet IV, 7 grammes; enfin, ceux soumis à l'objet V perdaient en poids.

La farine commerciale ordinaire des Etats-Unis, qui correspond à l'objet II, est donc de loin inférieure en valeur alimentaire à la farine qui pourrait être obtenue d'usines travaillant aux solvants autres que les hydrocarbures aliphatiques.

Les tourteaux actuellement préparés au Congo belge, ne sont pas soumis à la cuisson sévère en usage aux Etats-Unis. La farine qui pourrait en être extraite aurait probablement une valeur alimentaire un peu inférieure à celle de la farine commerciale américaine, du fait d'une teneur plus élevée en gossypol libre.

CHAPITRE VIII.

CONCLUSIONS

La farine de coton peut être rendue comestible pour l'homme.

Le procédé industriel employé dans les huileries de coton des Etats-Unis donne un produit qui offre des garanties suffisantes quant à la non-toxicité. Cependant, la nécessité d'une cuisson à haute température et la formation de liaisons insolubles du gossypol avec les protéines en altèrent la haute valeur alimentaire. Les auteurs américains reconnaissent la supériorité que présenterait l'extraction par solvants, non seulement pour la détoxification absolue et pour l'obtention d'un rendement maximum en huile, mais aussi pour la production de protéines ayant conservé toute leur valeur alimentaire et industrielle et enfin pour la récupération du gossypol en vue d'une utilisation éventuelle.

Si le procédé par solvants n'est pas adopté aux Etats-Unis, c'est en majeure partie parce que le pays a été entièrement équipé en huileries de coton avant la mise au point du procédé et parce que la modification des usines existantes exigerait une mise de capital très considérable. Des installations importantes d'extraction aux solvants seront cependant mises en marche prochainement.

Au Congo, les usines actuelles préparent un tourteau qui, en raison de l'insuffisance de la cuisson préalable au pressage, présente moins de garanties que le tourteau américain. La température maximum de traitement serait souvent 90°C. et la durée de cuisson trop réduite. Le % d'humidité est empirique.

Il serait hasardeux de préconiser l'usage en grande quantité et sur une longue période, pour l'alimentation humaine, des farines qui seraient fabriquées à partir de ce tourteau. Cependant, la cuisson des aliments peut, dans une certaine mesure, compenser l'insuffisance de la cuisson à l'usine. Aussi ces farines pourraient-elles — dès à présent — servir à la préparation d'aliments qui ne seraient consommés qu'occasionnellement, en quantité limitée et après cuisson humide.

L'addition de cette farine à la farine de manioc ou de banane, à raison de 12.5 % au maximum du poids du mélange, ne peut, à notre avis, être autorisée pour le ravitaillement de la main-d'œuvre industrielle, que si l'usage en est occasionnel.

Les indigènes ont coutume d'utiliser la farine de manioc à la préparation de pâtes bouillies (bukari). La cuisson peut-être insuffisante de ces pâtes n'assurerait pas une détoxification certaine. Cependant, la proportion réduite de farine de coton proposée ci-dessus permet un usage occasionnel, à condition que la mouture soit très fine.

Cette formule permettrait aux employeurs de main-d'œuvre industrielle de parer à des carences saisonnières des vivres végétaux, sources usuelles de protéines.

Aussi longtemps qu'une détoxification plus poussée n'est pas réalisée à l'usine, il est inopportun d'augmenter la proportion de farine de coton dans les mélanges et d'en préconiser un usage continu.

Par ailleurs, les farines de maïs et froment utilisées à la fabrication de pains et de biscuits pour indigènes, pourraient, dès à présent, être additionnées de 12.5 % de farine de coton.

Il serait cependant à craindre que, dans de petites installations de boulangerie, un contrôle efficace ne puisse être exercé et que, par inadvertance ou fraude, une cuisson insuffisante ou l'usage de proportions beaucoup plus importantes de farine de coton n'offrent quelque danger. Aussi serait-il prudent de n'autoriser le mélange que dans les minoteries sur lesquelles un contrôle efficace peut être exercé.

Les pains et biscuits fabriqués avec ces farines mélangées, pourraient dès à présent être mis en vente dans les factoreries.

La préparation des farines se réaliserait sans peine par broyage et tamisage des tourteaux.

Cette solution n'est guère satisfaisante cependant, du fait que le but recherché est de mettre à la disposition des indigènes un aliment nouveau qui puisse être consommé en n'importe quelle quantité et sans contrôle.

Ces desiderata seraient satisfaits en apportant à la technique industrielle le perfectionnement requis pour assurer la cuisson des graines dans les conditions voulues de température, d'humidité et de temps. Cela se réaliserait sans peine en intercalant entre les séparateurs et les expellers une batterie de cuiseurs ou en apportant aux cuiseurs existants les aménagements voulus. On obtiendrait ainsi une farine qui, tout en conservant le défaut de l'altération des protéines, ainsi que la couleur et la saveur particulières, pourrait, sans risque, être consommée de façon continue et en plus fortes quantités, au même titre que la farine américaine.

Dans ce cas, le mélange dans les farines alimentaires, par exemple, pourrait être poussé à 20 % et aucun contrôle ne serait nécessaire.

Cependant, il est probable que les usiniers n'entreprendront pas les travaux d'aménagement nécessaires dans les usines sans être couverts par des assurances d'achat de la part des minotiers ou des em-

ployeurs de main-d'œuvre industrielle. Ces derniers, d'autre part, ne s'engageront à acheter que s'ils ont la certitude que le produit sera appété par les indigènes. Aussi serait-il très opportun de multiplier dès à présent les essais d'introduction de farine de coton dans les rations, en utilisant le tourteau d'huilerie actuel comme matière première, ce qui peut être fait sans danger, sous réserve des limitations prescrites ci-avant.

En cas de carence des industriels, malgré essais concluants, une installation pilote pourrait dès à présent être installée par la Colonie, en collaboration éventuelle avec des organismes privés. Son but serait la mise au point de la technique industrielle de cuisson et l'établissement des données économiques du problème.

La production d'une farine de coton non-toxique par le procédé de cuisson, mettrait la Colonie, sous ce rapport, sur le même pied que les Etats-Unis.

Or, nous avons vu plus haut que dans ce pays cette situation n'est qu'un pis-aller résultant du développement de l'industrie de l'huilerie de coton avant la mise au point des procédés d'extraction par solvants.

La situation est différente au Congo belge, où la capacité d'usage des huileries est de loin inférieure encore à la production des graines. Il serait opportun d'étudier très attentivement les procédés d'extraction par solvants. Ceux-ci permettraient, soit par double extraction à l'hexane, puis au trichloréthylène, par exemple, soit par extraction directe au trichloréthylène, aux alcools ou à tout solvant étranger à la série aliphatique, d'obtenir une majoration de 20 % environ du rendement en huile de même qualité et une farine alimentaire blanche, désodorisée et sans saveur particulière. Cette farine aurait conservé le maximum de sa valeur protéique et serait susceptible non seulement de servir à la consommation locale, mais encore d'être exportée en Europe, soit pour la consommation, soit pour l'industrie des protéines. Enfin, la récupération éventuelle du gossypol serait possible.

Cette perspective est fort séduisante, surtout si, comme proposé au chapitre premier, un type de petite usine peut être élaboré, qui serait susceptible de traiter une gamme étendue des nombreux produits oléagineux de la Colonie.

Il serait opportun d'entreprendre les recherches en laboratoires et en usines pilotes sur la technique d'extraction par solvants et sur la fabrication de ceux-ci. L'industrie chimique du bois, susceptible de fournir peut-être les solvants appropriés, est liée à cette proposition. Elle ouvre de vastes perspectives d'avenir.

Ces recherches devraient être confiées à une organisation gouvernementale.

En résumé, la farine de coton peut être employée au Congo au ravitaillement des populations.

Le tourteau actuel peut servir à préparer une farine de coton utilisable à concurrence de 12.5 % dans les mélanges alimentaires dont la cuisson peut être contrôlée (biscuiteries, boulangeries, hôpitaux, prisons, camps militaires, etc.) ou dont la consommation ne serait qu'occasionnelle.

L'amélioration des procédés de cuisson en huilerie donnerait aisément un tourteau dont serait extraite une farine alimentaire utilisable à concurrence de 20 % dans les mélanges et dont la consommation ne nécessiterait aucun contrôle.

Enfin, l'adoption de procédés par solvants, soit pour l'extraction de l'huile, soit pour le retraitement des tourteaux, peut donner une farine de qualité supérieure et exempte de goût et de coloration.

Les procédés par solvants présentent un grand avenir pour le traitement de tous les produits oléagineux. Nous estimons que c'est dans cette voie qu'il faut orienter les travaux.

Comme corollaire, l'industrie chimique du bois, qui présente de grandes possibilités de développement, permettrait la fabrication de toute une série de solvants, utilisables peut-être à la réalisation de la proposition principale.

Bruxelles, le 10 novembre 1946.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

(dans l'ordre des citations dans le texte.)

1. WILLIAMS HAYNES: The Sad Plight of Cotton. « Saturday Evening Post », 8-12-46.
2. JOHN D. GUTHRIE, CARROLL L. HOFFPAUIR, EDWARD T. STEINER and MACK F. STANSBURY: Survey of the chemical composition of cotton filiers, cottonseed... A literature survey. U. S. Dep^t Agr. South. Reg. Res. Lab., New-Orleans, 1944.
3. M. VAN DEN ABEELE: Inst. Roy. Col. Belge, « Bull. Séances », XIV, 1943, I, pp. 158-183.
4. J. B. RATHER: Digestion experiments on men with cottonseed meal. « Tex. Agr. Exp. Sta.-Bul. », 163, Déc. 1913.
5. Prof. Dr MAX KLING: Die Handelsfuttermittel. Stuttgart, 1928. Stuttgart, 1936.
6. F. B. MORRISON: Feeds and Feedings. « Ithaca », New York, 1941.
7. CARL M. LYMAN, BRYANT, R. HOLLAND and FRED HALE: Processing of cottonseed meal. Industrial and engineering chemistry, vol. 36, n° 2, 1944.
8. W. A. WITHERS and F. E. CARRUTH: Gossypol, the toxic substance in cottonseed meal. « Journ. Agr. Res. », 5, pp. 261-288, 1915.
9. L. BUSSARD et CH. BRIOUX: Tourteaux. Paris et Liège, 1925.
10. CHARLOTTE H. BOATNER and CATHERINE M. HALL: The pigment glands of cottonseed. I. « Oil and Soap », vol. XXIII, n° 4, pp. 123-128, 1946.
11. ROYCE, HARRISON and DEANS: Determination of gossypol in crude cottonseed oil. « Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. », 12, 741 4, 1940 (C. A. 10/2/1941, p. 923).
12. CHARLOTTE H. BOATNER: The pigments of cottonseed (méthode analytique). « Oil and Soap », 21, 10-15, 1944 (C. A. 20/3/1944, p. 1266).
13. CHARLOTTE H. BOATNER, MAIZIE CARAVELLA and LILLIAN KYAME: Quantitative determination of extractable gossypol in cottonseed and cottonseed meal, a spectrophotometric method. « Ind. and Eng. Chem. », vol. 16, p. 566, 1944.
14. PODOLSKAYA: Rapid method of determining free gossypol in press cake and crushed cottonseed. « Mastabuino, Zhiravayo Prom. », 16, n° 5-6, 48-50, 1940 (C. A. 9/10/1941, 6137).
15. SMITH and HALVERSON: Estimation of gossypol in crude cottonseed oil. « Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. », 11, 475, 1939 (C. A. 10/11/1939, p. 9026).
16. SMITH: Revised method for the estimation of gossypol in cottonseed meal. « Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. », 9, 517, 18, 1937 (C. A. 20/1/1938, p. 820).
17. HALVERSON-SMITH: Extraction of gossypol with different ethers. Cause of varying results. « Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. », 3, 516, 17, 1936 (C. A. 20/1/1938, p. 820).
18. LYMAN, HOLLAND and HALE: Determination of free gossypol in cottonseed meal. A colorimetric method. « Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. », 15, 489, 91, 1943 (C. A. 10/10/1943, p. 5881).
19. HALVERSON and SMITH: Estimation of gossypol in crude cottonseed oil. « Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. », 13, 46, 8, 1941 (C. A. 10/3/1941, p. 1655).
20. CHARLOTTE H. BOATNER: The pigments of cottonseed. « Oil and Soap », vol. XXI, n° 1, pp. 10-15, 1944.
21. JULIUS VON WIESNER: Die Rohstoffe des Pflanzenreiches. Leipzig, 1927.
22. PODOLSKAIA: Changes in gossypol during ripening and storage of cottonseed. « Masloboino Shirowoje Djelo », 15, n° 3, 9-10, 1939.
23. SEMLER: Trop. Agrik., 2. Auf., 492.
24. E. M. NELSON and D. B. JONES: « Journ. Biol. Chem. », t. 87, Proc. XLVII, 1930.
25. H. S. OLCOTT: Solvant extraction of cottonseed oil. Effect of cooking on yield. « Industrial and Engineering Chemistry », Easton, Penna, vol. 33, n° 5, 1941.
26. D. B. JONES and H. C. WATERMAN: « J. Biol. Chem. », t. 56, pp. 501-511, 6, 1923.
27. GALLUP: Relation entre le d-gossypol et la toxicité de quelques produits de la graine du cotonnier. « Indust. et Eng. Chem. », n° 1, 1928.

28. K. S. MARKLEY and D. F. J. LYNCH: The technology of the cottonseed crushing industry. Southern Regional Research Laboratory, New Orleans La (mimeogr.).
29. CARL M. LYMAN, BRYANT R. HOLLAND and FRED HALE: Processing cottonseed meal. « *Industr. and Eng. Chem.* », vol. 36, p. 188, 1944.
30. V. S. GRYVNER and V. V. ALEKSANDROV: Detoxication of cottonseed meal by removal of gossypol. « *Biokhimiya* », 9, 203, 17, 1944.
31. W. E. SEWELL: The detoxification of cottonseed meal for Hogs. Agr. Expt. Stat. « *Alabama Pol. Inst.* », Bul. 259, 1943.
32. E. F. POLLARD, H. L. E. VIX and E. A. GASTROCK: Solvant extraction of cottonseed and peanut oils (boiling point, vapor pressure, composition, relations for miscellas of oils in hexane). « *Ind. and Eng. Chem.* », vol. 37, p. 1022, 1945.
33. H. S. OLCOTT: Solvant extraction of cottonseed. » *The Cotton and Cotton Oil Press* », vol. 43, n° 7, 1942.
34. W. D. HARRIS: Solvant extraction of cottonseed oil. « *Bul. of the Agr. and Mech. Col. of Texas* », Fourth series, vol. 12, 1941.
35. C. W. MC MATH: Cottonseed as a source of a new type of flour. Proc. of the 1st Cotton Reserach Congress, Dallas.
36. VAN DEN ABEELE: Le coton au Congo belge. L'industrie de la graine de coton et de ses sous-produits. « *Bull. Agr. du C. B.* », vol. XXXII, n° 4, pp. 640-676, 1941.
37. ANDREW L. WINTON and KATE BARBER WINTON: The structure and composition of foods. New-York, 1932.
38. FRAPS: Cottonseed meal as human food. « *Texas Agric. Expt. Sta.* », Bul. 128, 1910.