

# Évolution des méthodes de traitement des noix de cajou

## G. DUVERNEUIL et L. HAENDLER\*

### EVOLUTION DES METHODES DE TRAITEMENT DES NOIX DE CAJOU

G. DUVERNEUIL et L. HAENDLER (IFAC)

*Fruits*, Jul.-aug. Jul.-aug. 1973, vol. 28, n°7-8, p. 561-581.

**RESUME** - Dans un précédent article « Les possibilités de développement de la culture de l'anacardier en zone soudanienne », on a examiné les problèmes relatifs à l'implantation et à l'extension des plantations d'anacardier. Dans le présent article, on retrace l'évolution des techniques de traitement des noix pour l'obtention des amandes.

Bien qu'il s'agisse d'une industrie jeune, les premières exportations d'amandes se situant en 1920, on peut recenser un très grand nombre de travaux ayant donné lieu à la prise de brevets ou à la réalisation de prototypes, voire de machines industrielles. A l'origine entièrement manuelle, cette industrie utilise actuellement des machines électroniques pour les opérations de tri et des appareils de décortiquage basés sur les principes « transfert » les plus modernes.

Il nous est paru intéressant d'examiner le cheminement et la démarche de la recherche et d'en étudier les aboutissements. Cette analyse et cette synthèse, qui constituent une mise au point sur le sujet, seront éventuellement un point de départ pour des investigations nouvelles.

Quand il est question du décortiquage « mécanique » des noix de cajou, il faut abandonner l'image ancienne de l'industrie agricole stationnaire et traditionnelle employant des dizaines de milliers de femmes habiles et mal payées, concassant des noix à la main.

Au contraire, il s'agit aujourd'hui d'une industrie jeune, dynamique et moderne, toujours en cours d'évolution. Il ne faut pas s'étonner qu'elle utilise des machines électroniques de tri et des décortiqueuses fonctionnant sur le principe des machines-transfert les plus modernes.

Il faut aussi se rendre à l'évidence que la constante évolution technique fait naître des doutes qui remettent en question la relative rentabilité de techniques pourtant considérées comme éprouvées. La recherche de nouvelles améliorations permettant encore d'accroître la rentabilité se trouve alors motivée.

Mentionnons les qualités requises des industriels de cette branche et l'esprit qui les anime. Ceux que nous connaissons et que nous tenons ici à remercier pour leur aide dans cette

étude sont des organisateurs de premier ordre, avides de connaissances et de progrès. Ils ont un esprit critique constructif, et sont capables de faire évoluer leurs usines en fonction des techniques et des besoins. Pour ces raisons, ils ont compris l'intérêt que présentent pour tous les échanges d'idées favorisant le dynamisme industriel.

Pour prendre contact avec les techniques modernes de cette industrie, un bref historique est utile.

Dans l'évolution des méthodes de traitement des noix de cajou, on peut distinguer quatre périodes principales :

- la première couvre les vingt premières années de 1920 à 1940. Elle est caractérisée par l'organisation du décortiquage manuel en atelier, principalement en Inde, puis la mécanisation progressive de nombreux postes de traitement des noix.

- la seconde concerne une période plus courte mais très importante, celle de la guerre 1940-1945, qui a favorisé la dispersion géographique de l'industrie.

- la troisième, entre 1945 et 1961, a été marquée par une sorte d'hésitation dans le choix des options et la prise de conscience de l'intérêt de la mécanisation complète. Cette période d'étude a déterminé l'épanouissement des procédés de décortiquage mécanique à l'époque suivante.

\* - Institut français de Recherches fruitières Outre-Mer (IFAC)  
6, rue du Général Clergerie - 75116 PARIS.

- de 1961 à 1970, se situe une phase, au cours de laquelle les connaissances acquises précédemment sont utilisées pour mécaniser le décorticage proprement dit avec le plus de profit.

L'ensemble du matériel et des procédés d'usinage est souvent, à notre époque, fourni par une même société qui vend en même temps les machines, le montage et le savoir faire (Know-How).

#### De 1920 à 1940.

A partir de 1920, l'Inde exporta de petites quantités d'amandes de cajou provenant du traitement de noix dans des exportations agricoles. Déjà, en 1925, les statistiques d'exportations indiquent 1.227 «long tons» d'amandes (1.246 tonnes métriques).

Le véritable essor industriel du traitement des cajous en Inde a été consécutif à l'établissement d'usines importantes dans les faubourgs des grandes villes : ces usines travaillèrent non plus seulement quelques mois par an, aux époques de récolte, mais toute l'année. Cette organisation, assurant le plein emploi du personnel et du matériel, résultat de l'amélioration des techniques de stockage des noix et de l'importation de noix produites à d'autres saisons dans l'est africain.

Les statistiques d'importations indiquent qu'en 1920 et en 1925, 1.198 tonnes et 1.138 tonnes de noix, provenant du Mozambique, furent achetées par l'industrie indienne. Les importations vraiment importantes datent de 1930 avec 6.527 tonnes. En 1935, elles atteignaient 26.132 tonnes et, à la veille de la deuxième guerre mondiale, le seuil de 30.000

tonnes était dépassé (voir tableau ci-après).

Dans les usines importantes, l'organisation et la discipline du travail en atelier durent être établies. Le concassage manuel des noix au maillet remplaça le traditionnel concassage avec une pierre. Ce travail est encore exécuté au maillet de nos jours. Par contre, toutes les autres opérations de la chaîne de traitement sauf le mondage, ont trouvé une à une, leur solution mécanisée.

Vers 1925, une des premières opérations mécanisées fut de rendre les coques fragiles, par le grillage préparatoire des noix dans de longs tambours de tôle en faible pente et à rotation lente. Les noix, introduites régulièrement à l'extrémité légèrement plus haute du tambour, sont continuellement remuées et s'acheminent vers la sortie tandis qu'un feu vif chauffe le tambour. C'était une très importante amélioration, comparativement au système primitif de grillage à feu nu dans de vastes poêlons tenus à deux mains, ou au système ancestral de grillage des noix dans du sable chaud.

Vers 1935, une nouvelle technique de grillage préparatoire des noix fut mise au point industriellement par la firme PEIRCE et LESLIE. Son but était de rendre les coques fragiles, de manière plus homogène et permettait de récupérer une partie du baume de cajou de la coque. Cette technique, aujourd'hui encore très employée, consiste à maintenir les noix immergées environ 2 à 3 minutes dans un bain de baume de cajou, à une température voisine de 180°C. Un convoyeur fait progresser les noix régulièrement. Les premiers brevets décrivant une machine destinée à faire ce

Tableau des importations indiennes de noix de cajou brutes  
(en tonnes métriques)

Années	Mozambique	Tanganika, Tanzanie	Kenya	Total
1938	26.134	} guerre		26.134
1939	26.569			29.569
1940	32.200			32.200
1941	39.854			39.854
1942	10.392			10.392
1943	755			755
1944	7			7
1945	12.099	} début des exportations		12.099
1946	-			-
1947	50.744	1.304	60	52.108
1948	45.509	5.646	70	51.225
1949	42.867	3.607	47	46.521
1950	68.787	6.636	142	75.565
1951	44.085	8.295	73	52.453
1952	47.334	11.691	41	59.066
1953	55.843	11.539	72	67.454
1954	58.972	16.558	94	75.624
1955	49.034	18.494	197	67.725
1956	37.961	17.008	1.921	56.890
1957	68.227	34.189	1.741	104.157
1958	95.967	31.810	1.773	129.550
1959	61.899	33.740	1.941	97.580
1960	56.848	37.305	4.885	99.038
1961	84.576	40.601	5.496	130.673
1962	80.478	59.957	2.027	142.462
1963	119.210	43.217	5.136	167.563
1964	124.285	56.679	4.733	180.964
1965	98.662	64.650	6.742	170.054
1966	77.230	72.236	5.640	155.106
1967	56.188	70.905	7.770	134.863
1968	132.138	79.669	8.606	220.413
1969	22.064	66.399	5.996	94.459

travail datent de 1935 (brevet US n°2.018.091) et 1936 (brevet GB n°472.195).

Parallèlement à ce développement industriel en Inde, l'artisanat du traitement des noix de cajou en Mozambique débuta vers 1932. Les quantités décortiquées demeurèrent toutefois assez faibles jusqu'à la guerre de 1940.

Jusqu'à la guerre également, Haïti et le Brésil décortiquaient de très petites quantités, une centaine de kilogrammes d'amandes.

#### De 1940 à 1945.

La guerre perturba l'évolution en cours de l'industrialisation du traitement des noix d'anacardier de deux manières :

- 1 - le baume fut classé dans les matières premières stratégiques jusqu'en 1944 ;
- 2 - les transports maritimes marchands se rarifièrent entre 1941 et 1945.

Le manque de transports maritimes rendit presque impossible l'approvisionnement des usines de l'Inde en noix africaines. En 1942, un quart seulement de la matière première nécessaire fut importé. En 1943, il n'en était plus importé que 743 tonnes et en 1944 : 7 tonnes. Il devenait difficile à l'Inde de fournir ses clients traditionnels. De ce fait, le Mozambique exporta par voie terrestre un peu plus d'amandes vers l'Afrique du sud ; Haïti et le Brésil dans le même temps augmentèrent leurs exportations vers les États-Unis.

#### De 1945 à 1961.

La période d'après guerre peut être qualifiée de phase de réorganisation du marché concurrentiel sur les divers plans économiques, techniques et politiques.

Tandis que l'Inde tentait de reconquérir sa clientèle, les nouveaux venus essayaient de consolider un peu leur position.

Haïti diminua progressivement ses exportations. Sa production était irrégulière d'une année à l'autre, la concurrence de l'Inde, au bas salaires, rendit le décortiquage manuel impossible.

Au Brésil, un des industriels de Fortaleza avait mis au point une pince à pédale qui, garnie de tranchants interchangeables ayant le contour de noix calibrées, permettait l'ouverture rapide une à une de noix seulement cuites à la vapeur. Un important marché intérieur permit à ce pays de maintenir l'industrie en vie, jusqu'à sa compétitivité internationale actuelle. Cette pince est l'ancêtre des décortiqueuses mécaniques à couteaux.

Au Brésil comme à Haïti, la technique de cuisson à la vapeur fut dérivée de celle employée artisanalement dans quelques fabriques du sud de l'Inde. Cette technique à la vapeur retrouve actuellement un regain de faveur dans le cas d'usines entièrement mécanisées car elle est réalisable en continu avec des machines courantes dans l'industrie des châtaignes.

Au Mozambique, faute d'une mécanisation suffisamment complète, l'immédiat après guerre fut marqué par un léger recul de l'industrie de décortiquage, sous l'effet de la dure concurrence de l'Inde. Ce n'est qu'à partir de 1951 que les ventes directes d'amandes aux États-Unis entrent en concurrence avec l'Inde. En 1954, les premiers problèmes de pollution industrielle se posaient : le système de grillage à feu nu de grandes quantités de noix provoquait une pollution de l'air dans les faubourgs de Lourenço Marques. La technique du bain de baume fut dès lors adoptée pour remédier à cet inconvénient.

Le baume cajou de Mozambique ne fut exporté en

quantité industrielle qu'en 1957. C'est également à cette époque que le besoin de mécanisation de décortiquage se fit fortement sentir, du fait des salaires plus élevés qu'en Inde et aussi de l'emploi de la main-d'oeuvre à d'autres tâches, notamment pour l'industrie du sisal.

En Inde, l'industrie du décortiquage eut à subir quelques soubresauts. Toutefois, l'activité du Cashew Promotion Council permit de maintenir l'industrie. Rappelons quelques dates :

1947 - Indépendance de l'Inde et ajustements qui en résultent.

1951 - On entreprend un ambitieux programme de développement de la culture et de l'industrie de l'anacardier.

1954 - Grand effort de promotion industrielle du baume.

1958 - L'Inde développe ses ventes d'amandes aux pays socialistes.

1961 - Une étape décisive est marquée par l'annexion de Goa, dans les relations de l'Inde avec son principal fournisseur de noix brutes, le Mozambique.

Les programmes de plantation depuis 1951 ne fournissaient pas suffisamment de noix pour répondre aux actions commerciales qui, cette même année 1961, se traduisaient par une augmentation des ventes de 137 p. cent vers les pays socialistes.

#### De 1961 à 1970.

L'évolution technique vers une mécanisation intégrale du traitement est plus rapide.

C'est une époque particulièrement riche en brevets de machines pour décortiquer les noix d'anacarde. On assiste à quelques importations massives exceptionnelles de noix, dans différents pays européens (Italie, Portugal, Angleterre), pour expérimenter en vraie grandeur de nouveaux procédés mécaniques.

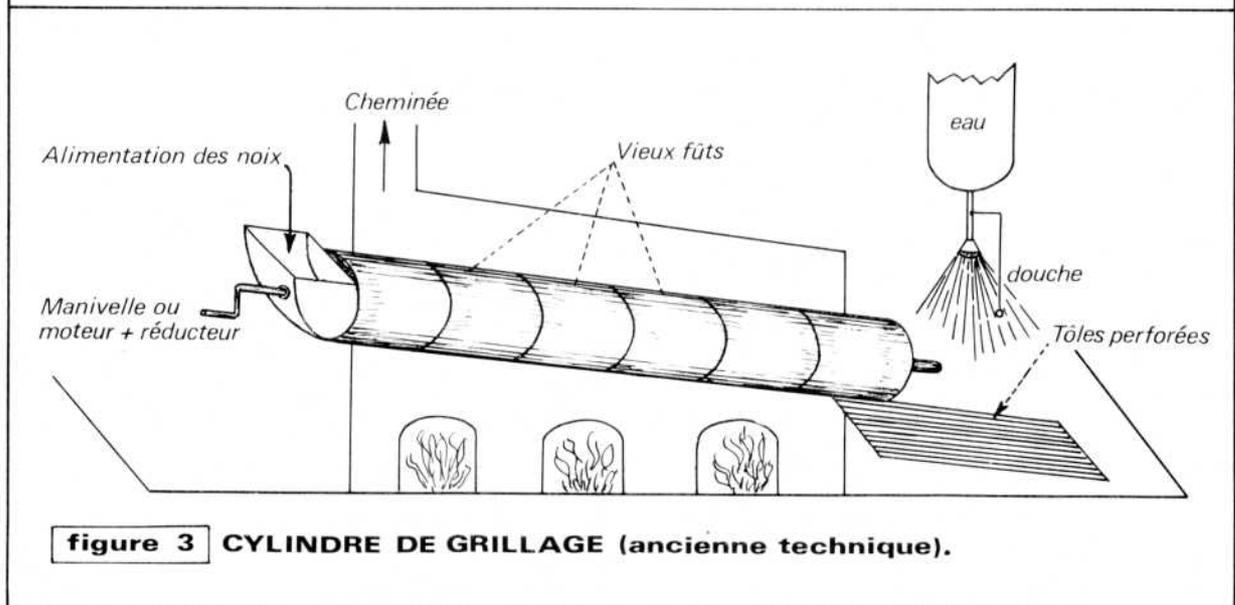
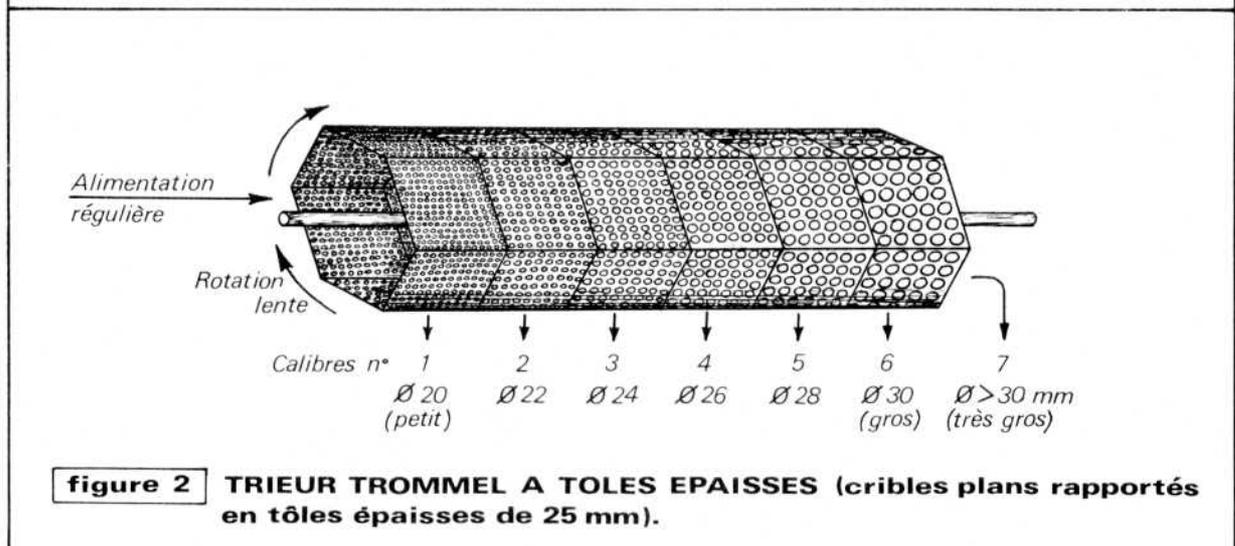
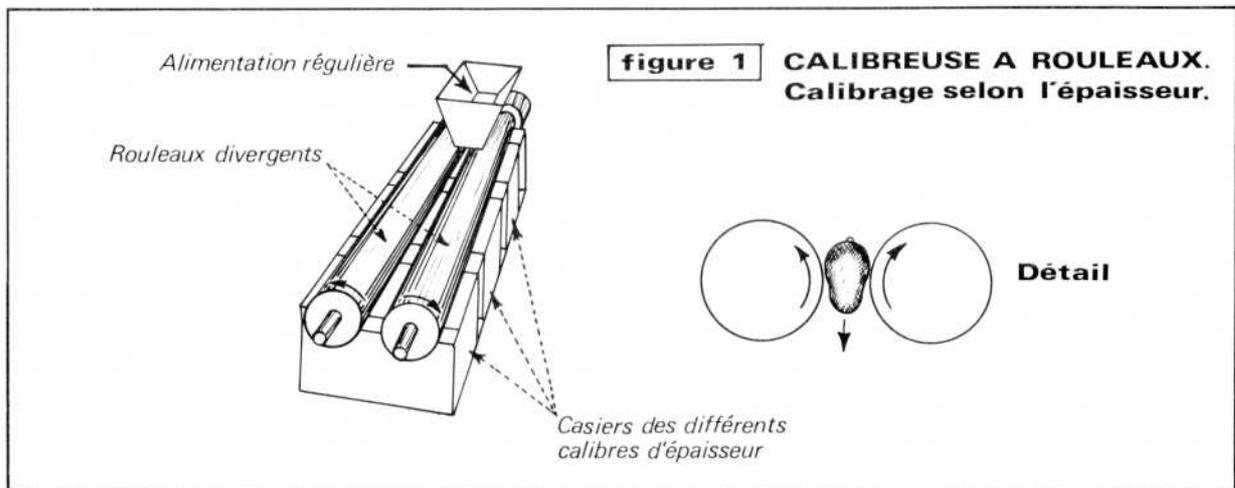
Ceux-ci ont encore bien du mal à être compétitifs avec le décortiquage manuel pratique en Inde par une main-d'oeuvre habile et peu payée. En 1962, cependant, l'écart diminua du fait d'une grève massive des ouvriers des usines de décortiquage et de l'augmentation des salaires qui en résulta.

Cette période de 1961 à 1970 a été caractérisée par la mise en pratique de techniques nouvelles très intéressantes concernant six phases du traitement : le calibrage, la cuisson, l'ouverture des noix, le dépelliculage, le tri des amandes, l'emballage.

### LE CALIBRAGE

Primitivement, le classement des noix a été fait pour permettre une meilleure précision du réglage de leur temps de cuisson. Un simple trieur, de genre TROMMEL, à tôles minces, suffisait pour ce travail. On faisait trois classes : petites, moyennes et grosses. Depuis quelques années, on a compris l'intérêt de donner plus de précision à ce classement mécanique préalable qui permet de restreindre les tris manuels par grades commerciaux qui étaient auparavant très onéreux à réaliser sur des amandes déjà décortiquées, fragiles et chères, même avec une main-d'oeuvre peu rétribuée. Le calibrage des noix est aujourd'hui entièrement mécanique et sans risque pour les amandes.

Une troisième utilité du classement rigoureux des noix peut provenir du système de décortiquage mécanique lui-même. Les échecs de nombreux dispositifs de décortiquage mécanique brevetés dans le passé sont en grande partie dus au fait que les inventeurs ou promoteurs ont négligé d'étu-



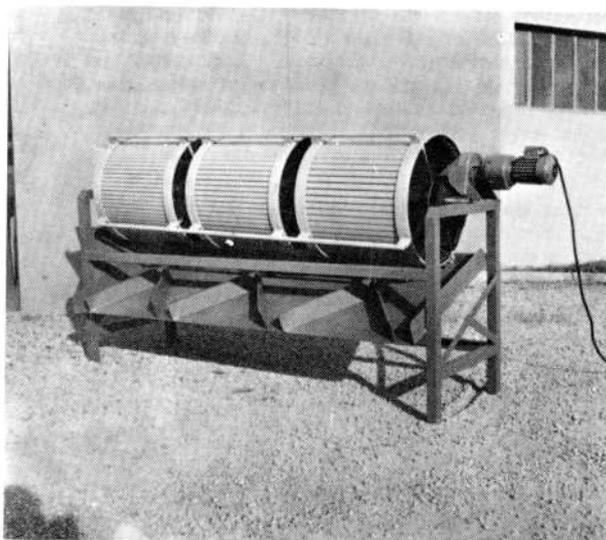


Photo 1 - Calibreur à alvéoles (photo RAD).

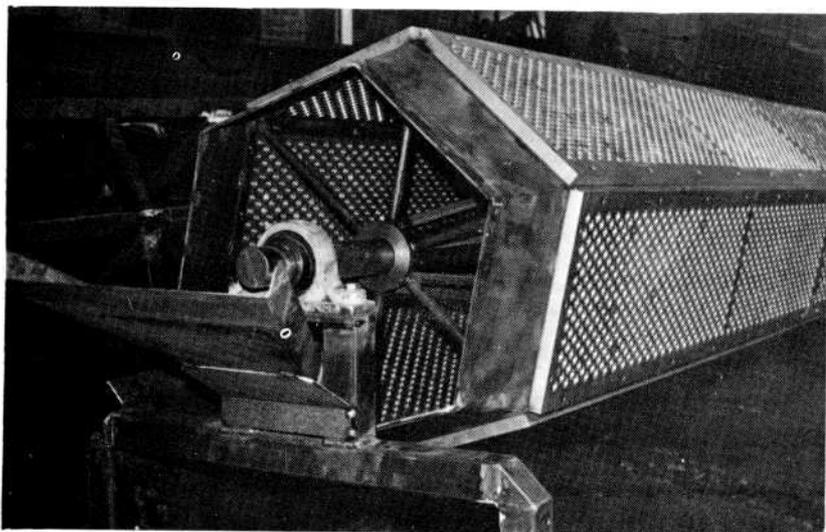


Photo 2 - Trieur TROMMEL hexagonal (photo RAD) illustrant la figure 2.

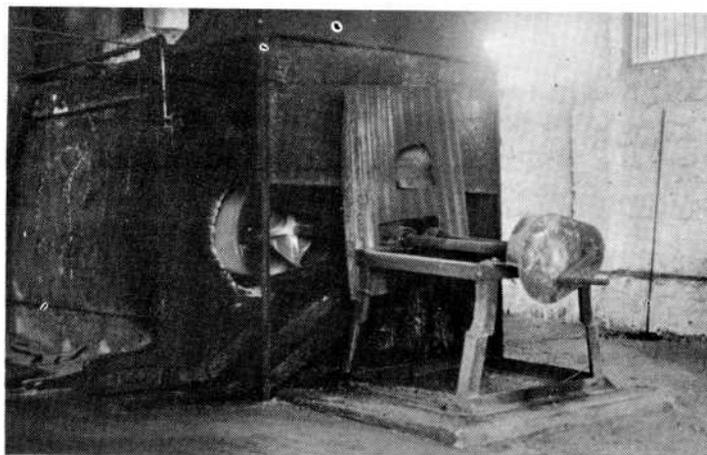


Photo 3 - Entraînement d'un ancien tambour de grillage dans une usine en Inde, illustrant la figure 3.

dier correctement cette partie du travail. Un des mérites de la firme OLTREMARE est d'avoir été la première à donner une solution au problème du calibrage des noix par largeurs, qui permet le décorticage par cisailles mécaniques. Dès 1963, les premiers calibreurs OLTREMARE, simples tambours du genre TROMMEL, de section hexagonale et garnis de cribles épais de 20 à 25 mm, étaient au point (figure 2 et photo 2).

Depuis lors, de nombreuses recherches pour améliorer encore le calibrage continuent, principalement en utilisant des techniques dérivées du calibreur à alvéoles classique, des calibreurs de type TROMMEL, épais mais cylindriques et à décrilage automatique.

Aujourd'hui, dans la plupart des usines importantes, le calibrage des noix est réalisé automatiquement, avec une précision de plus ou moins un millimètre et chaque calibre est traité séparément, donnant le calibre d'amande correspondant.

### LA CUISSON ET LA PRÉPARATION DES NOIX AU DÉCORTICAGE

L'ensemble de ces opérations prend parfois le nom de « fragilisation », car son but est de rendre la coque cassable et libre de l'amande, alors que normalement elle est souple, tout au moins extérieurement, et adhérente à l'amande.

La plus ancienne technique utilisée pour rendre la coque fragile fut de laisser les noix se dessécher sur des pierres au soleil, ce qui est long, incertain, et demande beaucoup de main-d'œuvre pour répartir, étaler et ramasser les noix.

Dans le domaine de la cuisson des noix, destinée à faciliter leur ouverture, les progrès ont porté sur deux techniques : celle à 190°C dans un bain de baume et celle à 110°C dans un courant de vapeur.

Les améliorations du bain de baume ont porté sur une meilleure régulation thermique et une meilleure circulation de baume, mais aussi sur l'essorage des noix en fin de cuisson par des centrifugeuses continues (OLTREMARE, « VERONESI ») ou à automaticité totale (ROUSSELET, ROBATTEL et MULATIER). Pour que les noix abandonnent plus facilement l'excès de baume, la centrifugeuse est chauffée.

La cuisson à la vapeur revient moins cher et déjà plusieurs firme (PEIRCE, CASHEW Co, etc.) l'emploient ou vont l'employer selon un procédé continu bien connu dans la préparation des châtaignes (FAUGIER : cuiseur vertical AUBERT) (figure 7).

Le point le plus important pour permettre une bonne préparation de la coque au décorticage est de lui donner, préalablement au traitement thermique, une humidité déterminée identique dans toutes les noix. Ces dernières années, la plupart des usines récentes ont opté pour une technique d'humidification en pluie. La firme STURTEVANT a réalisé le premier dispositif continu automatique d'humidification en pluie.

Le brevet anglais n°965.206, déposé au nom de WYATT le 18 juillet 1960 et publié le 19 juillet 1964, mentionne que le décorticage des graines après congélation a déjà été breveté sous le n°517.433 pour des températures comprises entre 0 et -28°C. Un système de trémie vibrante réfrigérante à azote liquide est décrit ; cet appareil semble hypothétique ainsi que le casse-noix à rouleaux qui est disposé pour recevoir les noix congelées.

Le 17 janvier 1948 fut déposé en Afrique du sud un brevet au nom de PIETER van DICK résidant au Mozambique. Le dépôt en France est en date du 29 janvier 1949 et

porte le n°1.015.577. Les températures de congélation et le moyen de les obtenir ne sont pas précisés. Il est simplement dit qu'elles sont basses. Les moyens de décorticage et de tri sont également imprécis ; par exemple il est impossible d'ouvrir les noix au moyen de rouleaux, comme il est indiqué, sans une très soignée préparation de celles-ci et un calibrage à quelques dixièmes de millimètres près. Ce brevet mentionne déjà, comme principal avantage de la congélation préalable, que le liquide de la coque et l'huile de l'amande ne se mélangent pas au cours du décorticage.

Le second brevet, relatif à la préparation de noix de cajou par congélation, fut déposé le 31 août 1953 et publié en Grande-Bretagne sous le n°750.345 au nom de Otto THANING pour le compte de la SLASTO Cie et publié le 13 juin 1956. Dans ce procédé, la congélation préalable est destinée à permettre l'explosion de la coque quand la noix est ensuite soumise à un champ électrique d'une certaine fréquence.

Un brevet français, portant le n°1.950.470 et déposé au nom de LEGRAND, mentionne la possibilité de congeler les noix humidifiées, par exemple avec un gaz liquéfié, puis de les soumettre à une technique de décorticage les cassant. Le brevet ne mentionne ni les températures appliquées, ni les appareillages nécessaires.

### L'OUVERTURE DES NOIX

Durant la période 1961-1970, c'est au dynamisme de quelques sociétés industrielles italiennes que l'on doit l'essor initial des procédés mécaniques d'ouverture des noix : BRAIBANTI, SIMA, BINI, OLTREMARE.

L'évolution des techniques d'ouverture se juge sur l'accroissement du pourcentage d'amandes entières obtenues après décorticage mécanique. Au début, les quelques 35 à 40 p. cent ne permettaient pas d'espérer vendre des usines ; mais aujourd'hui, avec 65 et 70 p. cent, il est rentable de décortiquer mécaniquement. Il n'est pas utopique de considérer que les constructeurs ont tous pour objectif d'arriver à 80 p. cent d'amandes entières.

Des sociétés portugaises, anglaises, japonaises et tanzaniennes, ont ensuite l'une après l'autre pris place sur le marché.

Il s'est ainsi créé une sorte d'émulation concurrentielle. Chaque constructeur cherche à mieux se documenter sur les aspects techniques et économiques, améliore chaque année son matériel et souhaite diminuer le prix de revient du décorticage mécanique.

Le Centre de Documentation de l'IFAC édite chaque mois une documentation analytique classée qui permet aux intéressés de se tenir au courant des publications relatives à l'anacardier et à son industrie. Ce Centre est non seulement un moyen d'information mais nécessairement aussi un organe de diffusion.

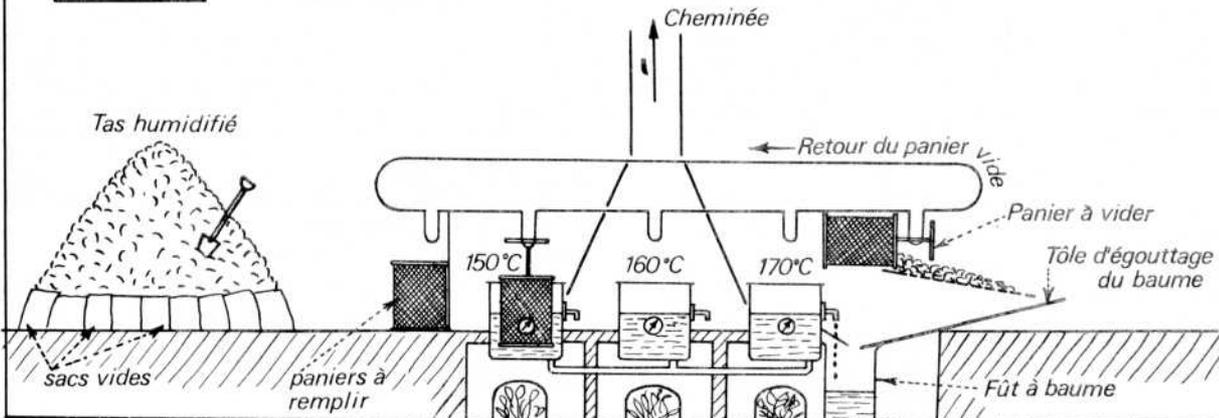
Les brevets ayant trait à cette opération importante, consistant à rompre la coque afin de libérer l'amande entière, peuvent être classés en huit catégories : seules les trois premières ont une réelle importance industrielle (voir *Fruits*, 1972, vol. 27, n°9, p. 648) : percussion, cisaillement, fraissage périphérique, abrasion, détente explosive, sciage, écrasement, procédés électriques.

Dans ces différentes catégories, nous avons retenu les brevets principaux qui seront brièvement décrits.

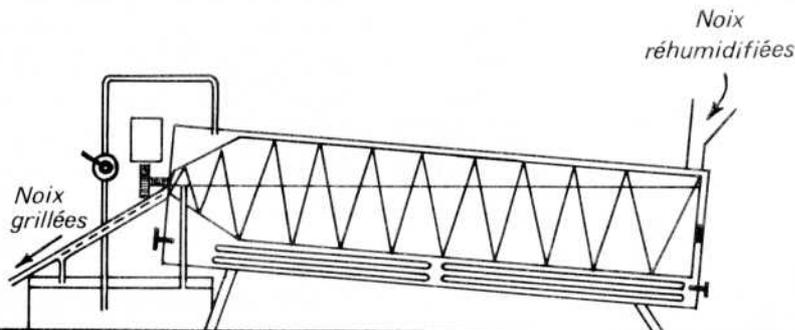
#### Décorticage par percussion.

La coque de la noix d'anacarde comporte des alvéoles à baume, sauf sur la ligne qui joint directement le hile au

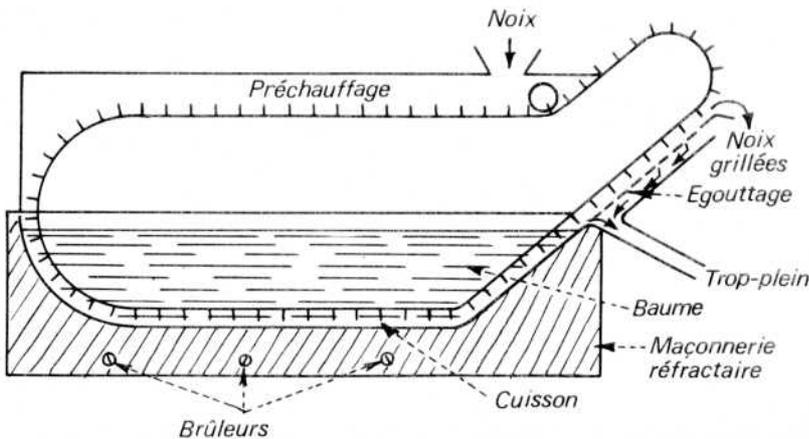
**figure 4** FRITEUSE DISCONTINUE A TROIS FUTS.



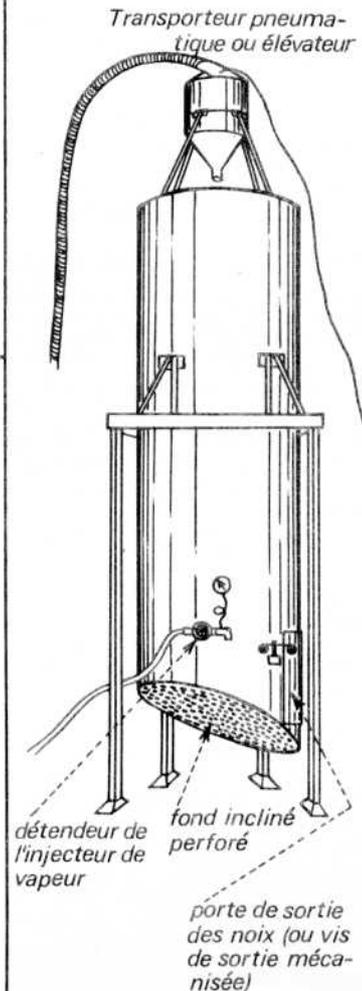
**figure 5** FRITEUSE CONTINUE A VIS.



**figure 6** FRITEUSE CONTINUE A CHAINE.



**figure 7** AUTOCLAVE.



point d'attache du pédoncule. C'est la ligne de déhiscence naturelle du fruit par où sortent les cotylédons lors de la germination. Cette région se fend par gonflement de l'amande ou à la suite d'un choc et devient l'amorce du cassage de la coque. Les principaux modes de percussion sont le martèlement et la projection. Le martèlement peut être manuel ou exécuté mécaniquement (broyeurs à marteaux, cames excentriques). La projection peut être centrifuge, balistique ou pneumatique.

#### *Martèlement manuel.*

C'est le procédé le plus anciennement connu et qui a servi de base à l'industrialisation du cajou en Inde.

Différents marteaux, maillets, gallets, etc., sont utilisés. Le facteur le plus important est la dextérité de l'ouvrière. Le rendement peut varier de 4 à 10 kg d'amandes par ouvrière et par jour. Le pourcentage d'amandes entières varie de 50 à 90.

Les noix doivent être préalablement grillées et cendrées. Dans certaines provinces de l'Inde, on le fait parfois sur noix fraîches ou traitées à la vapeur mais les rendements sont alors très faibles.

Un premier choc, suffisamment sec, fend la ligne de déhiscence avec un craquement caractéristique, puis de petits coups font progresser la fente tout autour, selon le plan de symétrie de la coque. A l'aide d'une pointe de canif, l'amande est éventuellement dégagée de la demi-coque qui la contient.

#### *Martèlement mécanique.*

Il était tentant d'essayer de faire une machine qui, comme l'ouvrière indienne, frappe la coque pour la rompre, mais aucun des procédés de cette catégorie n'a abouti à une réalisation concrète pour les noix de cajou.

#### ● INCA (brevet D de BALDINI VISSONJON n°1.045.707).

Un système analogue à celui d'un rotor de broyeur à marteaux vient taper les noix entraînées par des ergots dans une gouttière en V. Parmi les amandes décortiquées, 60 p. cent seraient entières (RAMALHO CORREIA). Les noix restées entières sont retenues par un tamis et, en partie recyclées, mais ne fournissent plus alors que des débris. La réalisation a été faite par R. KORTH de la EISENING BRONZEWERKE de Hambourg. L'absence d'un bon système de calibrage semble à l'origine du mauvais fonctionnement de ce procédé.

#### ● DEVAUX (brevet FR n°1.319.904).

Les noix, préalablement calibrées, sont maintenues sur une chaîne sans fin qui les conduit sous un ou plusieurs marteaux à commande électrique qui exécutent les mouvements de la décortiqueuse. Jusqu'ici ce système est uniquement destiné aux noix communes.

#### ● ANACARDIO (brevet IT n°647.359, des ingénieurs Paolo STAME et Amedeo MENCARELLI) réalisé avec la société INDUSTRIA ANACARDIO S.A.

Les noix calibrées tombent entre deux roues ovalisées. Selon RAMALHO CORREIA, on obtiendrait ainsi 29 p. cent d'amandes entières. Après ouverture manuelle des récalcitrantes, ce pourcentage monterait à 36 p. cent seulement. Les promoteurs ont abandonné cette technique et financé le procédé OLTREMARE.

#### *Projection centrifuge.*

Un rotor muni de déflecteurs libère les noix convenablement orientées à une certaine vitesse. Le plan de symétrie

est dans le plan de rotation et la partie renflée s'oriente vers l'extérieur. Pour un même rotor, la force de percussion dépend du poids de la noix et de la vitesse de rotation. Les petites noix demandent une plus grande vitesse. Dans la pratique, on reprend les noix non cassées dans une centrifugeuse plus rapide (jusqu'à 4 passages successifs). Mais les chocs répétés sont cause de détériorations d'amandes et il est préférable de bien calibrer les noix préalablement. Le triage pondéral serait peut-être meilleur, mais par commodité on trie en trois calibres. La vitesse de la noix au moment du choc est comprise entre 90 et 250 km/h. La vitesse de rotation varie selon les essais et les rayons de centrifugeuses entre 800 et 1.800 tours/mn.

#### ● WARNING (brevet US n°2.806.496).

La centrifugeuse tourne dans le plan vertical. Des déflecteurs font progresser la noix à la périphérie le long d'une surface rugueuse et la libère après un cycle complet en direction d'un marteau fixe. Nous ne connaissons pas ce procédé qui doit être comparable à la projection par cyclo.

#### ● TONELLI (brevet IT (SICOL) n°16.908, demandé le 29.8.60 ; brevet FR (SICOL) demandé le 29.8.61).

La centrifugeuse tourne dans le plan horizontal. Elle est étudiée de manière à ce que la noix s'oriente dans le plan de symétrie en prenant un mouvement tournant et soit projetée, côté du pédoncule en tête, sur une surface striée.

La ligne de déhiscence du fruit (entre le hile et la cicatrice du pédoncule) se rompt facilement, mais il n'en est pas de même dans la partie apicale aplatie. C'est pourquoi le rotor de la centrifugeuse TONELLI comporte des couteaux rotatifs destinés à entailler l'apex au cours de la rotation de la noix, pour créer une amorce de déchirure à cette extrémité. Cependant, pour diverses raisons, il semble préférable de faire cette opération avant l'entrée dans la centrifugeuse dont le travail est ainsi facilité.

Les quatre vitesses de centrifugation s'échelonnent entre 1.200 et 1.800 tours/mn.

LA SICOL, SOCIEDADE IMPERIAL DE CAJU E OLEOS, a également fait des essais de concassage de noix congelées.

Actuellement, la CAJUCA, sous l'impulsion de Franco TONELLI, exploite industriellement la percussion par centrifugation de noix grillées au bain de baume.

Parmi les difficultés de mise au point, les questions de grillage et de calibrage ont été très préoccupantes. Le type de calibrage décrit dans le brevet concernait un dispositif à rouleaux divergents tournant dans le sens du décoinement. Ce calibrage, selon l'épaisseur maximum «E», bien que très rapide, ne semble pas suffisamment lié au poids des noix. Un système de tambours en tôle perforée, de type TROMMEL, lui fut préféré d'abord avec des trous ovoïdes, puis avec des trous ronds. Depuis 1969, CAJUCA décortique de préférence les calibres moyens avec le procédé SIMA et ne centrifuge que les autres calibres.

#### ● TPI (TROPICAL PRODUCTS INSTITUTE de Londres).

Différents essais de concassage de noix par centrifugation ont été effectués depuis 1963 au moyen d'une centrifugeuse expérimentale MSE. Trois demandes de brevets ont été déposées :

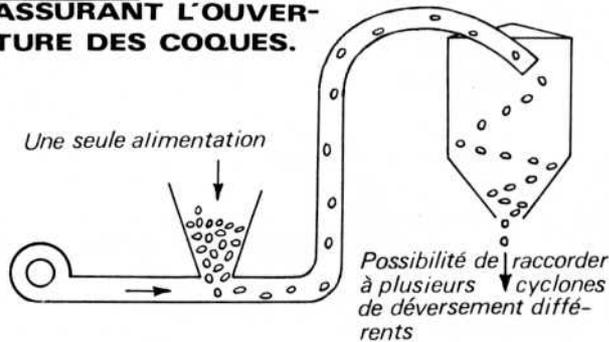
- le 13 mai 1964 : L. BANKS, n°15.209, description provisoire.

- le 21 mai 1964 : n°38.651, description provisoire.

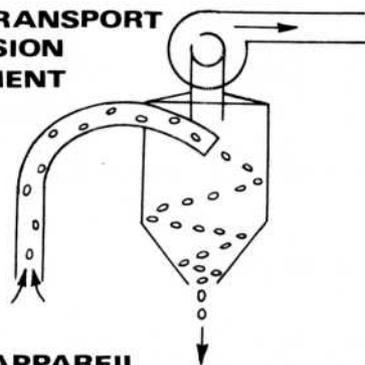
- le 24 mars 1965 : L.J. BEER, M. SWAN, F.J. HALL, D.C. SPENSLEY, n°8.217, description provisoire.

Le système a été expérimenté avec succès au Kenya et est déjà commercialisé par STURTEVANT ENGINEERING.

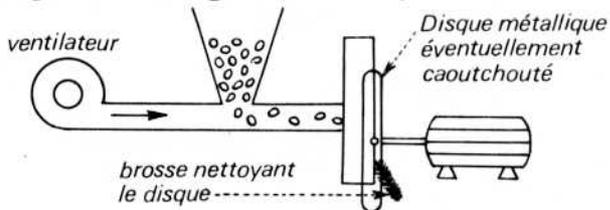
**figure 8 TRANSPORT EN SURPRESSION ASSURANT L'OUVERTURE DES COQUES.**



**figure 9 TRANSPORT EN DEPRESSION (RELATIVEMENT DOUX).**



**figure 10 APPAREIL DE PROJECTION PNEUMATIQUE (concassage des très grosses noix).**



Une usine moderne fonctionne également au Mozambique et deux sont en construction au Nigéria.

● **NRDC (NORTHERN RESEARCH DEVELOPMENT CORPORATION).**

Cet institut a cherché à mettre au point un système de décortilage basé sur l'abrasion préalable des cellules à baume suivi d'un lavage par solvant du baume restant. La coque ainsi usée devient plus facile à casser et c'est pourquoi les chercheurs de cet institut ont opté pour la solution en cours d'étude au TPI (bibliographie IFAC, 24.850).

*Projection pneumatique.*

Les noix sont introduites dans un violent flux d'air obtenu avec des turbines et projetées sur des tôles épaisses (figure 10).

● **AGRITEC-SIMA.**

L'usine ILPA était équipée de tels dispositifs pour achever d'ouvrir les noix entaillées par les cisailles, mais encore fermées. Trois dispositifs balistiques, de force croissante, permettaient de frapper à nouveau les récalcitrantes avec

plus de violence.

● **IFAC.**

Une turbine à anneau latéral (par exemple 2,6 CH SIEMENS) est utilisée pour projeter les noix sur un disque rotatif à chaque tour. Ce système non commercialisé a été étudié au laboratoire pour décortiquer des noix partiellement congelées.

*Projection par cyclone.*

● **OLTREMARE.**

Trois cyclones, de violence croissante, sont employés pour provoquer l'ouverture des noix incomplètement cisailées. Ce système ne fournit que des fragments d'amandes si les cylindres ne sont pas garnis de toile caoutchoutée, pour les deux premiers tout au moins. Dans le système OLTREMARE, ce dispositif n'a qu'un rôle complémentaire du cisaillement (figure 8).

*Décortilage par cisaillement.*

Le principe est de faire pénétrer des lames dans la coque externe selon le plan de symétrie de la noix et jusqu'à l'amande, sans la toucher, puis de donner du champ à une ou plusieurs lames pour dégager les deux demi-coques et libérer l'amande. Ce travail peut être artisanal, dans le cas des cisailles manuelles, ou mécanisé noix par noix, ou même exécuté au moyen de cisailles automatiques continues, ce qui assure une capacité de traitement plus élevée que dans les cas précédents.

*Cisailles manuelles.*

Ce sont des pinces garnies de lame dont les tranchants courbes sont ajustés au contour d'une noix. Généralement, la pince est actionnée au moyen d'une pédale pour que l'opérateur garde les mains libres afin de présenter la noix et de récupérer les morceaux. Un levier sert à donner du champ à certaines lames.

Ces cisailles manuelles permettent d'éliminer en partie le facteur personnel de dextérité de l'exécutant et d'obtenir un rendement, en amandes entières, bon et constant, mais le tonnage traité par ouvrière demeure souvent du même ordre que dans le cas d'habiles décortiqueuses au marteau.

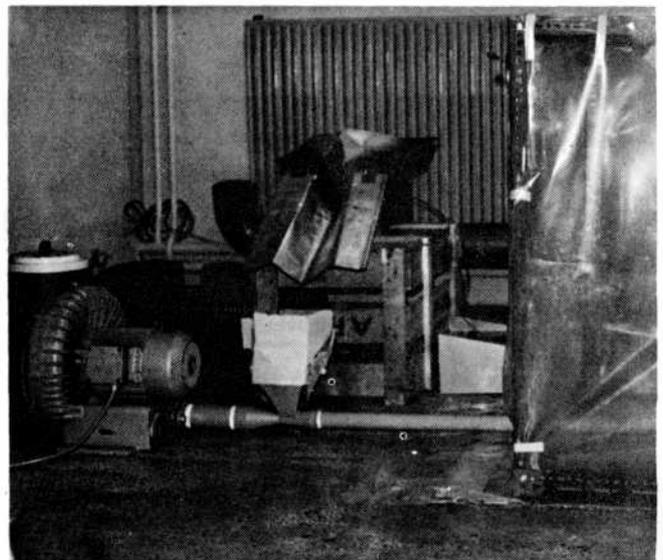
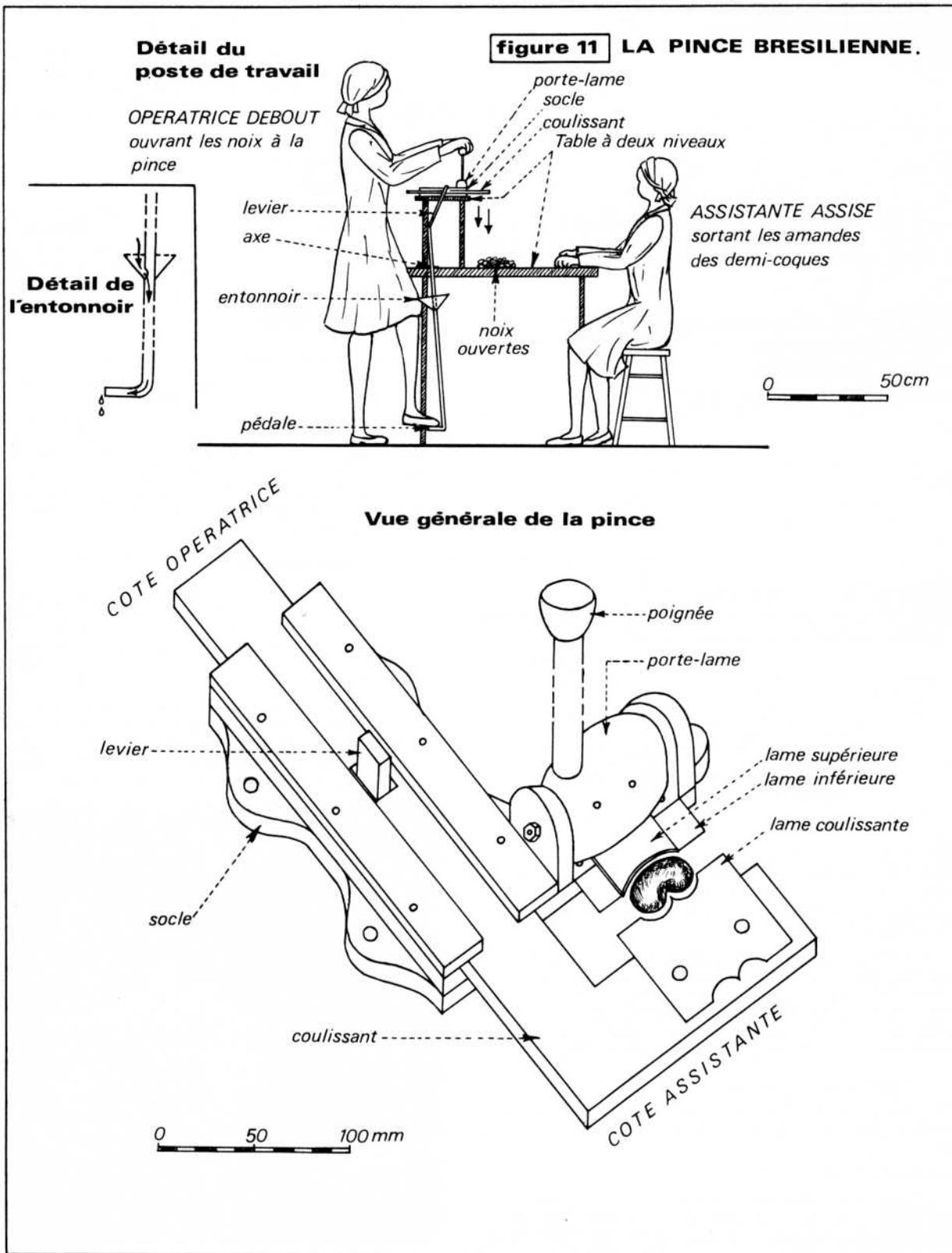


Photo 4 - Montage de laboratoire correspondant à la figure 10.



● **MOINHOS** (brevet POR n°29.728, mai 1952).

C'est la première cisaille brevetée. Il ne s'agit pas encore d'une pince car les deux parties sont séparées. Il y a déjà les couteaux épousant le contour de la noix. La cisaille supérieure maintient la noix et ses couteaux se dédoublent.

● **CASHEW PRODUCT Co** (brevet n°747.994).

Un système de pince à charnière est décrit.

*Pincés brésiliennes* (figure 11).

Au Brésil, on utilise des pincés à pédale de différents modèles pour ouvrir les noix préalablement traitées par la vapeur à 110°C. Les ouvrières ont des gants car le baume est encore cru et donc très vésicant. La pédale permet d'actionner le mouvement des mâchoires pour entailler la coque. Un levier permet de séparer ensuite les demi-coques.

Certaines de ces pincés cisailent les noix par les deux extrémités, ce qui permet de travailler différents calibres ; d'autres ressemblent davantage aux pincés NETO et cisailent les noix latéralement.

Les ouvrières sont par équipe de deux ; l'une actionne la pince, l'autre a un petit couteau pointu pour terminer le décortiquage des plus difficiles et retirer l'amande restée dans une des demi-coques.

Plus de 26.000 tonnes annuelles d'amandes sont ainsi obtenues. Jusqu'à 1967, c'était le seul procédé artisanal fournissant du baume cru. Le chiffre de 25 kg d'amandes par jour, par pince et avec deux ouvrières, semble une moyenne raisonnable. Certaines équipes font 160 kg de noix par jour (40 kg d'amandes).

*Pincés NETO.*

Le même matériel, en travaillant avec les noix grillées, permet de porter le rendement en amandes entières à 90 p. cent et plus. La forme des lames épouse totalement le contour. Pour cette raison, les deux lames enserrant la noix latéralement et sont asymétriques. Une lame comprend un bec au niveau du hile. La lame dorsale est simplement con-

cave, mais comprend deux lames superposées qui se dédoublent par levier. Pour chaque pince, il y a deux ouvrières ; la seconde libère l'amande avec un couteau. L'équipe fait environ 14 kg d'amandes par jour. Une pince ne vaut que pour un seul calibre.

*Pincés TPI* (réf. Doc. IFAC 30.795).

Différentes pincés ont été étudiées par le Tropical Product Institute de Londres pour le Nigéria. Des systèmes à course réglable et couteaux polyvalents ont été étudiés afin de permettre une plus grande latitude de calibrage. Mais, de toutes façons, le calibrage est indispensable si l'on désire trier par grades. Les événements de 1967 et 1968 au Nigeria ne permettent pas de savoir quelle suite a été donnée au projet. Le TPI préconise maintenant son procédé centrifuge vendu par STURTEVANT.

*Pincés IFAC* (brevet n°7.031.744) (figure 12).

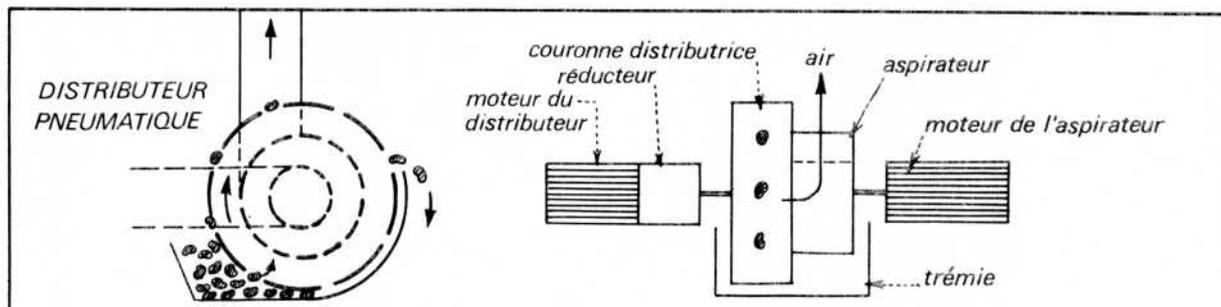
Elles furent étudiées pour les laboratoires et les petites unités de décortiquage. Comme les précédentes, elles assurent le cisaillement de la coque et la séparation des demi-coques, mais de surcroît, le même mouvement entraîne un mécanisme libérant l'amande. Une étude de mécanisation complète de leur travail a été faite en vue de réaliser, éventuellement sur ce principe, une décortiqueuse automatique qui appartiendrait au groupe suivant :

*Cisailles automatiques noix par noix.*

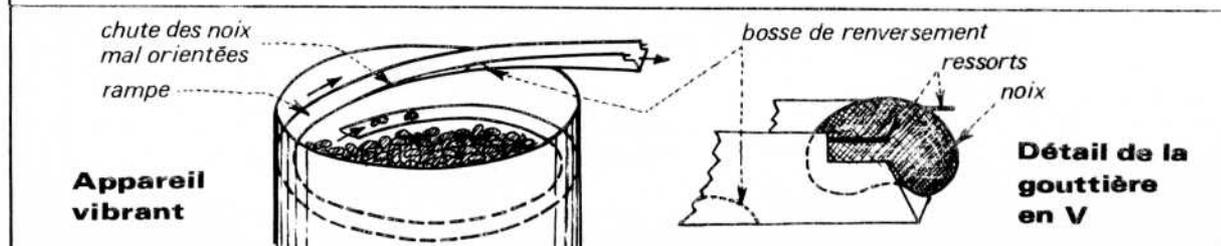
Ces cisailles sont des aménagements mécanisés des pincés décrits précédemment. Les deux principales difficultés rencontrées concernent le calibrage préalable des noix et leur approvisionnement noix par noix, avec l'orientation souhaitable (figures 13 et 14).

● **AGRITEC-SIMA** (brevets IT n°1.080.863, FR n°1.374.849 et 1.465.142, D n°1.181.476 et CH n°291.365).

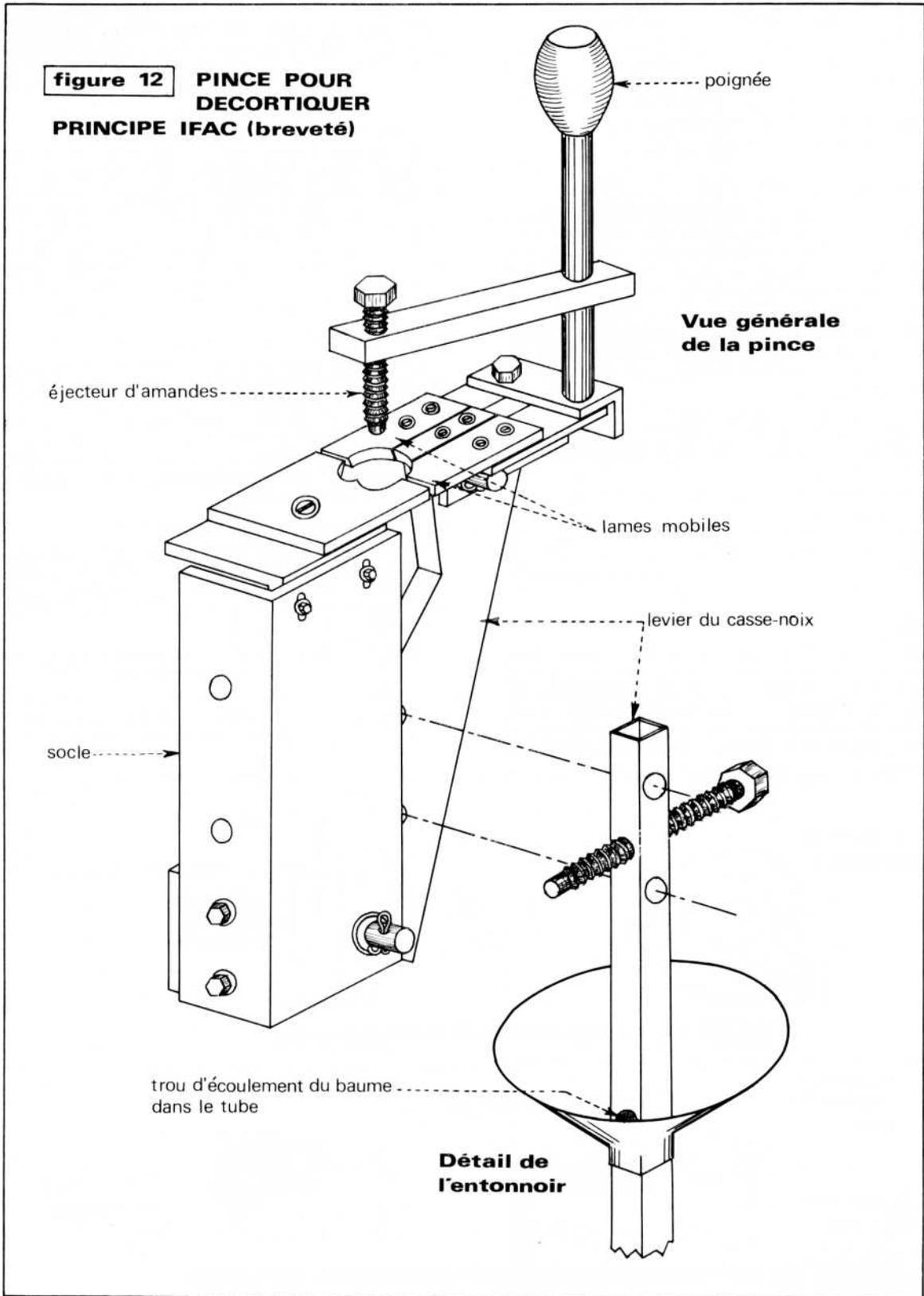
Le dispositif d'approvisionnement, noix par noix, comprend un élévateur à godets se déversant dans une trémie vibrante ; il libère les noix une à une entre deux courroies



**figure 13 ALIMENTATION PNEUMATIQUE.**



**figure 14 DISTRIBUTEUR VIBRANT ORIENTANT LES NOIX.**



qui redressent les noix et les font progresser sur la tranche. Entre les courroies, une roue dentée ménage les espaces nécessaires entre deux noix consécutives. La progression des noix ainsi disposées est assurée par le rapprochement des deux courroies. Les noix passent alors entre des mâchoires de cisailles disposées sur des chaînes sans fin au-dessus et dessous, à même vitesse que les courroies. Un passage de came détermine le rapprochement des couteaux à un moment donné du déplacement. Un autre passage de came détermine la séparation des deux lames constituant chaque couteau.

Un calibrage rigoureux des noix selon le diamètre est indispensable. L'usure mécanique est importante au niveau des pièces coupantes.

- **OLTREMARE** (brevets FR n°1.406.790, 1965, GB n°1.032.594).

L'alimentation comprend une chaîne garnie de clips qui avance par saccades. Une noix est introduite dans chaque clip, manuellement. Il existe aussi un dispositif d'alimentation mécanique. Nous n'en connaissons que la description (brevet FR n°2.204.558). Cette alimentation mécanique n'est utilisée que dans l'usine expérimentale d'Italie.

A chaque arrêt de la chaîne, un poussoir s'engage dans la chaîne et dirige la noix (par trois à la fois) vers un second clip monté dans un bloc mobile. Celui-ci a pour mission de conduire la noix entre les mâchoires de la cisaille et de se retirer pour prendre une autre noix au niveau de la chaîne. Quand la noix est entaillée, une des mâchoires pivote légèrement pour séparer les demi-coques.

- **SODESCAL-CARDOSO** (brevet FR n°1.440.916, POR 37.958-2.341) (figure 15).

Un élévateur à godets conduit les noix entre deux tourillons «positionneurs». Des griffes articulées à pénétration limitée s'implantent dans la partie dorsale de la coque externe et leur écartement fait éclater la coque. Trois griffes sont assujetties au tourillon droit et trois autres au tourillon gauche, en position alternée. Ceci constitue une cisaille à six lames. La machine comporte plusieurs paires de tourillons montées sur deux plateaux verticaux. La rotation des tourillons détermine le mouvement des griffes.

Le calibrage rigoureux ne serait pas obligatoire ; on règle pour un calibre. La vitesse de rotation, qui peut être assez élevée, permettrait d'obtenir des capacités de traitement

importantes. La première usine ainsi équipée commença les essais fin 1967. La mécanique est délicate. On ne décortique que les noix très fortement grillées.

#### *Cisailles automatiques continues.*

Contrairement aux mécanismes précédents qui comportent des mouvements alternatifs à la manière des pinces manuelles, les cisailles automatiques continues ont un fonctionnement rotatif et peuvent théoriquement avoir de plus grands débits. Aucune réalisation mécanique n'est encore au point. Le problème est complexe mais non insoluble, plusieurs voies d'approche ont été explorées.

- **SANTOS GIL-POREM-PARSON-CROSLAND** (brevets POR n°29.127, 29.128, 29.129, GB n°610.059-703.848 et US n°2.764.198).

Ces brevets décrivent une mécanique de conception simple mais de mise au point délicate, particulièrement susceptible d'usures et de jeux. Deux chaînes sans fin synchrones sont en vis-à-vis. Chaque maillon supporte une lame, de manière à ce que les deux lames de deux maillons voisins forment le contour d'une noix durant le parcours rectiligne de la chaîne. Au contraire, au passage des roues d'entraînement de la chaîne, les deux lames sont séparées (angle de deux maillons). Une noix introduite entre les deux chaînes à une extrémité est prise entre quatre lames (deux de chaque chaîne), qui la pénètrent jusqu'à l'amande.

Plus loin les deux chaînes se désolidarisent de quelques millimètres, ce qui sépare les deux demi-coques. Un dispositif d'approvisionnement continu est prévu (POR n°29.127). Nous n'avons pas vu fonctionner cette mécanique certainement trop coûteuse et de toute façon très délicate.

- **MACHADO** (brevet POR n°32.992).

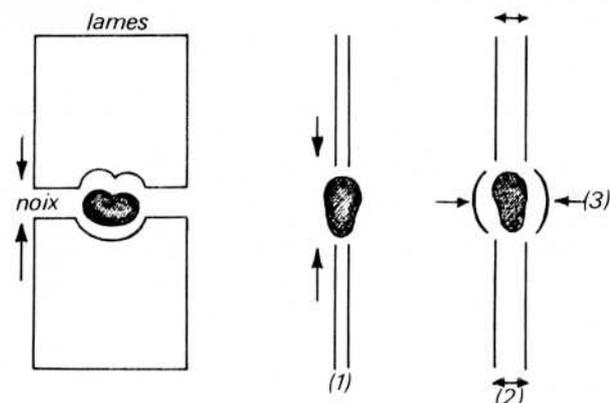
A l'opposé du système précédent, celui-ci est ou trop simple ou incomplet. Deux roues dentées tournent dans un même plan. Leurs indentations sont affûtées et se complètent pour fermer le contour d'une noix. Toute noix du calibre voulu, introduite dans la bonne position entre les deux roues, est cisailée. Un dispositif d'approvisionnement continu en bonne position est schématisé sur le brevet. Aucun dispositif de séparation des coques n'est prévu. Des machines individuelles, à alimentation et finition manuelle, ont malgré tout été utilisées. donnant alors en moyenne 22 kg de noix décortiquées par ouvrière et par jour avec un pourcentage d'amandes entières de 73,75 p. cent (c'est le cas des pinces manuelles). Si une bonne calibreuse avait existé à cette époque, les résultats auraient été bien meilleurs.

- **PAVILLON** (brevet POR n°45.830 du 26.5.66, au nom de François PAVILLON).

Il décrit un système de deux courroies entre lesquelles les noix sont maintenues tandis que des griffes acérées, montées sur des lames faisant ressort, pénètrent sur deux rangées jointives dans la coque externe selon le plan de symétrie de la noix. Plus loin, les deux rangées de lames se disjoignent, séparant ainsi la noix en deux demi-coques qui libèrent l'amande ; théoriquement, ce système devrait être valable pour tous calibres de noix. La principale difficulté de réalisation rencontrée est l'encrassement des griffes.

#### **Décortiquage par fraisage périphérique.**

Comme dans le décortiquage par cisaillement, le principe demeure d'entailler la coque externe selon le plan de symétrie puis d'ouvrir la noix en séparant les deux demi-coques. L'incision annulaire est obtenue par fraisage et non plus par coupe. Ces opérations peuvent atteindre différents degrés de mécanisation.



(1) incision des coques. (2) ouverture des coques. (3) séparation des amandes.

**figure 15** PRINCIPE DES DECORTIQUEUSES DU TYPE PINCE.

*Fraiseuses et pinces séparées.*

C'est le procédé artisanal de base. La présentation des noix devant le touret fraiseur se fait à la main. Un second opérateur sépare ensuite les demi-coques avec une pince simple fixée au bord d'une table.

- **LUIS DUARTE DOS SANTOS.**

Dès 1945, ce fut la première tentative de décorticage mécanique du Mozambique. Une petite scie de fraiseuse tournant à 5.000 tours/mn permet le décorticage à froid (selon RAMALHO CORREIA).

- **Le procédé LAWTON.**

Il découle de ce même principe et a souvent été décrit. Son inventeur s'est longtemps opposé à la réalisation de machines industrielles. Une machine entièrement automatique fonctionnant sur le principe LAWTON aurait été essayée. Elle ne semble pas cependant avoir fait jusqu'alors l'objet d'une réalisation industrielle avant que l'inventeur la fasse à la Tanzania Cashew Machines Factory (brevet GB n°1.199.813 cité plus loin).

*Fraiseuses automatiques noix par noix.*

Les alimentations de la fraiseuse et de la pince sont assurées par des dispositifs mécaniques à mouvements alternatifs.

- **Procédé HENRY (VMW-SOCAM-BILLIQUOD & DURAND)** (brevets FR n°1.272.473 reçu le 28.5.58 et GB n°860.967)

Une fourchette prélève la noix, la place et la maintient sur un plateau tournant. Une scie fraiseuse rapide, à pénétration limitée, entaille la coque externe suivant le plan de symétrie et projette au loin le baume et la sciure. Deux pinces écartent les demi-coques.

Un calibrage rigoureux n'est pas utile pour le décorticage, mais demeure souhaitable pour faciliter le tri par grades. La machine peut travailler des noix non grillées à condition de prévoir un nettoyage approprié. Dans les prototypes de démonstration existant à l'heure actuelle, il y a des risques de pénétration trop profondes des fraises et des griffes.

Une machine SOCAM, de type industriel, exploitant ce procédé, a été étudiée. Toutefois, la réalisation n'a pas abouti. Une nouvelle machine HENRY était en cours d'étude à la mort du promoteur M. WENDLING. Elle aurait été à classer dans la catégorie suivante :

- **MARTELLI** (brevet GB n°953.827).

Il est décrit un procédé de même conception, bien que mécaniquement différent sur les détails de réalisation. L'inventeur est le directeur d'une des usines OLTREMARE. Cette firme n'exploite actuellement que le procédé par cisaillement, complété par le système de percussion en cyclone.

- **CASHEW Co** (Maruyoshi MATSUMOTO et Keijiro SAKASHITA) a fait breveter (GB n°1.116.758) un dispositif faisant les mêmes opérations.

Une installation pilote utilisant ce procédé a été implantée dans le sud tanzanien par la société japonaise et les essais industriels se poursuivent.

*Fraiseuses automatiques continues.*

Les techniques de fraisage noix par noix, décrites précédemment, font intervenir des mouvements alternatifs par comes ou translation qui sont cause de difficultés. Le remplacement de ces mouvements par des rotations continues permet une plus grande vitesse d'utilisation et représente le sens logique de l'évolution.

- **POREM.**

Un procédé serait en gestation depuis plusieurs années sur un dispositif de fraisage en continu. Le calibrage ne serait pas indispensable et le décorticage à froid serait possible). Toutefois, les renseignements recueillis concernant ce procédé sont vagues et imprécis, parfois même contradictoires, du fait que d'autres procédés POREM dérivent des brevets de SANTOS GIL, ce qui crée une confusion.

- **DOS SANTOS ET BALDINI VISENJon** (brevet GB n°633.070).

Ce système a été étudié pour la SICOL à partir de travaux de fraisage de DOS SANTOS cités plus haut.

Les noix sont entraînées dans un tambour ou un système épicycloïdal les fait progresser à la périphérie l'une derrière l'autre. Elles passent devant des scies circulaires montées par quatre sur boggie (brevet Afrique du sud n°157.245). Il y a un boggie externe et un interne. Ce montage est destiné à faire deux traits de scie périphérique à profondeur limitée. La noix se trouve alors partagée en deux calottes de coque latérales et un anneau qui maintient encore l'amande. Différents systèmes ont été proposés et essayés pour libérer mécaniquement l'amande.

- **A.H. CYSTER** (brevet GB n°1.050.852 de 1961).

Décortiqueuse qui admet une rangée de noix entre deux courroies qui les maintiennent tandis que des fraises rapides à pénétration limitée pratiquent une incision. Plus loin, les noix passent devant un second dispositif de fraisage qui complète l'incision annulaire de la coque selon le plan de symétrie. Plus loin encore, un dispositif continu sépare les deux demi-coques.

- **LAWTON** (brevet GB n°1.199.813 cité plus haut).

Des études sont en cours à la Tanzania Cashew Machines Factory.

**Décorticage par abrasion.**

Pour se débarrasser d'un baume gênant, on use la coque. Ensuite, la noix se casse plus facilement.

- **CARVALHO ET IBRAIMO** (brevet n°S 10.257-19.523 du 29.10.51, cité par RAMALHO CORREIA).

Les noix préalablement grillées sont meulées entre des surfaces coniques abrasives (carborendum, etc.), jusqu'à libération des amandes. Le dispositif aurait une capacité de 500 kg à l'heure ; un autre, plus perfectionné, atteindrait une tonne/heure. Nous ne possédons aucun détail sur ce procédé qui, à notre connaissance, ne serait pas utilisé industriellement.

- **NRDC** (réf. IFAC 24.850).

Les procédés à froid, dits en deux temps, comprennent une rupture mécanique des alvéoles de la coque externe pour extraire le baume à froid avant concassage de la coque interne. Cette dernière s'ouvre alors plus facilement. La zone de moindre résistance demeure la ligne qui rejoint le pédoncule au hile, tandis que l'apex est plus dur. Le baume restant dans les débris d'alvéoles demeure gênant lors du concassage.

Trois techniques sont possibles pour l'élimination du baume restant :

- 1 - le grillage à feu nu qui présente de graves inconvénients : perte de baume, pourcentage d'amandes roussies, fragilité des amandes.
- 2 - la polymérisation du baume en place par des oxydes alcalins qui oblige ensuite à traiter les coques vides à l'acide avant l'extraction du baume par solvant. Cette opération ne peut être totale que si tous les alvéoles ont éclaté. Une demi-mesure consiste à cendrer les coques

avant concassage et à récupérer, par broyage et solvant, le baume des alvéoles non éclatés, sans pratiquer le traitement acide, mais la cendre détériore rapidement les broyeurs et diminue le rendement en baume.

- 3 - l'extraction par solvant du baume restant sur les noix après scarification et centrifugation peut être faite à l'hexane, mais le solvant risque de pénétrer dans l'amande par le hile ou par la ligne de déhiscence, d'autre part le baume des alvéoles non éclatés demeure encore gênant. Aucun procédé en deux temps ne fait pour l'instant l'objet d'application industrielle.

#### Décorticage par détente explosive.

##### ● TKATCHENKO.

Il décrit, dans la revue *Fruits* en 1949, un procédé de laboratoire pour lequel une brusque diminution de pression fait exploser la coque et libère l'amande. Une tentative de mise au point industrielle de ce principe sur des noix brutes, par le NRDC (Doc. IFAC n°24.850) en 1960, a été infructueuse, bien que deux brevets d'application industrielle aient été pris entre temps.

##### ● VAN DICK ET INVESTIGAÇÃO E EXPLORAÇÃO

INDUSTRIAL (brevets POR n°29.149 de 1954, GB n°727.798 et 768.359, US n°2.806.501, FR n°1.015.577 et 1.116.565).

Plusieurs techniques de décorticage par brusques changements de pression après diverses préparations, à l'eau, à la vapeur, ou par lente variation de pression, sont relatées. Ces préparations sont destinées à provoquer le décollement des amandes, la sortie du baume et à augmenter lentement la pression interne sans dommage.

##### ● VASCONCELLOS (brevets POR n°32.360 de 1955 et GB n°823.545).

Les noix sont préparées par action d'ondes ultra-courtes qui provoquent l'exudation du baume. Après égouttage, les noix pénètrent dans une chambre à décompression brusque (1/500e de seconde) où elles explosent.

##### ● CREUSOT-LOIRE (brevets FR PV n°163.614 du 21.8.68 CETIOM, n°6.924.170, n°7.022.219).

Une décortiqueuse par variations de pression est à l'étude.

#### Décorticage par sciage.

##### ● BARBIERI.

Les réalisations, brevetées pour le compte de la SICOL au Mozambique, sont décrites par RAMALHO CORREIA comme des machines pratiquant des traits de scie sur la coque puis la cassant par différents systèmes de choc.

C'est l'étude de ces différents systèmes de choc qui amena la réalisation du procédé TONELLI-SICOL. Il se pourrait qu'un jour les machines à scier servent à préparer le travail par centrifugation, ce qui serait un retour à la conception initiale. Aucune suite ne semble avoir été donnée au brevet BARBIERI-SICOL.

#### Décorticage par procédés électriques.

Deux phénomènes ont été exploités : l'éclair d'un arc, et la vibration à haute fréquence.

##### ● SCHOOLCRAFT (Brevet US n°1.393.217 de 1965).

Un arc électrique entre 60.000 et 100.000 volts provoque la brisure de la coque. Jusqu'ici malgré d'immenses efforts financiers, ce système n'est pas au point pour l'anacarde.

##### ● COMPAGNIE COLONIALE DU ANGOCHÉ (brevet CH n°311.789).

Un système générateur d'ondes à 15 M Hz est destiné à provoquer la rupture de la coque.

##### ● Otto THANING (brevets GB n°680.334 et 750.345).

Le premier brevet se rapporte à un champ électrique vibrant à haute fréquence, 15 à 20 mégacycles par seconde.

Le second est relatif à l'action d'ondes de 27.000 cycles par seconde, après un traitement par une solution saline à 3 p. cent.

D'autres usages de ces vibrations sont relatifs à la préparation des noix comme dans le cas du procédé VASCONCELLOS.

Un certain nombre de brevets US concernent le décorticage électrique de noix en général (n°2.747.635, 2.755.834, 2.812.793) ; toutefois, aucun d'entre eux ne semble particulièrement adapté à l'anacarde.

En résumé, nous avons porté dans un tableau les différents modes de décorticage proposés et le traitement des noix qui correspond. Ceux qui font l'objet d'application industrielle importante sont soulignés en traits pleins, et ceux en cours d'étude en traits pointillés. Ultérieurement, nous examinerons ces réalisations de manière plus détaillée.

## LE DÉPELLICULAGE OU MONDAGE DES AMANDES

L'unique lacune qui empêche le traitement mécanique intégral des noix d'anacarde d'être industriellement résolu, concerne le mondage ou dépelliculage des amandes.

C'est actuellement la seule opération du traitement où aucune solution mécanique n'est encore rentable, bien qu'il en existe de nombreuses.

Beaucoup de solutions mécaniques dérivent de la pratique artisanale manuelle du dépelliculage tel qu'il est pratiqué en Inde depuis l'origine de l'industrie, et bien souvent dans les usines mécanisées malgré la présence d'un dispositif complexe, il est nécessaire de pratiquer une finition manuelle.

L'humidité initiale des amandes décortiquées, après cuisson ou friture, est de 10 p. cent. Si on la diminue à 3 p. cent, la perte de volume occasionne une meilleure séparation de la pellicule. Celle-ci étant desséchée devient cassante. Il est alors plus aisé de s'en débarrasser. Durant le séchage, si deux amandes se touchent continuellement, on risque fort de constater que la zone contiguë restée plus longtemps humide se dépellicule moins bien. On conseille de disposer les amandes en lits minces. Il n'est pas non plus possible de sécher les amandes en lits agités, sinon on risque d'en casser un grand nombre. Le problème du séchage continu des amandes demande des appareils un peu différents de ceux couramment utilisés. On ne peut utiliser que des séchoirs à bande simple ou à clayettes mobiles modifiées, l'utilisation de séchoirs à tambours rotatifs fut un échec. La principale modification réside généralement dans le dispositif permettant un retournement des amandes sans brisure. Quelques petits jets d'air comprimé convenablement répartis peuvent assurer cette fonction, à moins que le système de ventilation du tunnel de séchage y pourvoie. Pour le séchage en étuves à 80°C sur clayettes fixes, on peut se reporter au rapport de D.C. RUSSEL (FAO 1970) et constater que les changements de place des clayettes permettent de les mettre à un niveau de l'étuve convenant à la phase de séchage où se trouvent les amandes et assurent un très léger mouvement de celles-ci, tandis que la ventilation ne joue que pour l'élimination de la vapeur d'eau. On utilise beaucoup maintenant les chariots pour étuves (figures 16 et 17).

## PROCÉDÉS DE DÉCORTICAGE DES NOIX.

Traitement des noix ➤ Mode de décortiquage Y	à chaud		procédés dits à froid			Congélation
	bain de baume surtout	vapeur moins de 137°C	nature	dépression suppression	ultrasons	
	JEFFERIES RECTOR	HUGUES		MARTINS DA GAMA		LEGRAND  IRVINGTON WYATT
<b>Percussion</b>						
manuel	Inde etc. 1					
mécanique matreau	I.N.C.A.					DEVAUX
mécanique excen- trique	ANACARDIO					JEROME
projection centri- fuge	WARNING TONELLI 6 T.P.I. 5		NRDC			SICOL
projection pneu- matique	AGRITEC 7					
projection cyclo- nage	OLTREMARE 9					
<b>Cisaillement</b>						
manuel 3 lames	Inde NETO 2	BRESIL 3	MOINHOS BRESIL			
manuel 4 lames	IFAC 4 CASHEW PC TPI	IFAC 4		MARTINS DA GAMA		
mécanique noix par noix 4 lames 2 lames	SIMA 7 OLTREMARE 9		OLTRE- RAME CARDOSO (CIM)			
par griffes	CARDOSO 8					
mécanique continu à chaînes	SANTOS GIL MACHADO DUARTE PAVILLON	PEIRCE* 13				
à roues						
à ruban						
<b>Fraisage annulaire</b>						
manuel	DOS SANTOS LAWTON					
mécanique noix par noix		HENRY et VMV 12 CASHEW et Co 10				
mécanique continu	MARTELLI POREM BALDINI CYSTER LAWTON 11					
<b>Abrasion</b>	CARVALHO et IBRAIMO		NRDC			
<b>Détente explosive</b>	NRDC	VANDIJK CAFL	TKATCH. NRDC	VANDIJK CAFL	VASCON- CELLOS	CAFL
<b>Sciage</b>	BARBIERI SICOL					
<b>Ecrasement</b>						
percussion centrif.	BRP FOGLE		GARCA SCHOLL- CRAFT THANING			
<b>Électrique</b>	ANGOCHE					

Les numéros sont ceux des documents annexes descriptifs du rapport original (cf. Fruits, n°3, 1973, p. 216).

\* - On ignore à quel type mécanique il appartient.

Le séchage dure de trois à huit heures selon les amandes et le type d'installation. La température varie de 65 à 85°C selon les usines. Le taux d'extraction d'air est généralement très faible sauf en Inde. Pour améliorer le séchage, on peut préconiser un trempage préalable des amandes dans l'alcool, cette technique coûteuse ne peut s'appliquer qu'en cas de grande difficulté.

Si les noix ont été stockées longtemps avant le traitement, il arrive que la pellicule adhère fortement en certains points de l'amande, on aura alors intérêt à humidifier uniformément les pellicules à la vapeur détendue à très faible pression avant de mettre les amandes à sécher. Il a été constaté dans ce cas qu'un séchage rapide donne ensuite de meilleurs résultats et des essais sont en cours qui visent à mettre au point un système de dépelliculage par alternances de douches de vapeur et de dessèchement superficiel rapide par rayons infrarouges.

#### Abrasion de la pellicule.

En théorie, il ne faut pas que cette abrasion endommage l'amande ; en pratique, seul le résultat final compte ... Au cours du mondage manuel c'est bien souvent une pointe de canif qui sert à faire une amorce de déchirure dans la pellicule.

Le plus ancien système de mondage mécanique des amandes de cajou est sans doute celui qui consiste à faire

progresser les amandes desséchées dans des sacs de jute ou des tambours de grillage incliné (figure 18). Le pourcentage de brisures est important mais la technique est simple.

Un progrès a été apporté par les mondeuses à brosses mises au point par les firmes OLTREMARE (en cônes renversés, figure 20) et AGRITEC (brevet FR n°1.465.142). Mais des résultats encore meilleurs sont enregistrés avec les mondeuses CASHEW Co et plus récemment TCMF.

#### Frottement doux des amandes.

Une fois la pellicule déchirée, on cherche à la frotter pour la détacher complètement de l'amande. Le matériel le plus simple pour exécuter ce travail est le dispositif appelé FOFANA, qui permet de traiter un lot d'amandes contenu dans un seau de 10 litres par deux douches de vapeur, l'une en dessus et l'autre en dessous en agitant légèrement (figure 21).

Le seau est posé sur l'extrémité d'un serpentin, sous une sorte de pomme de douche et la vapeur est injectée à la fois par le fond du seau et par la pomme de douche. Le seau est secoué de haut en bas, car l'opérateur appuie du pied sur le serpentin de vapeur qui fait ressort.

Le dépelliculage est assez imparfait et beaucoup d'amandes devront, après un premier triage, revenir une seconde, voire une troisième fois.

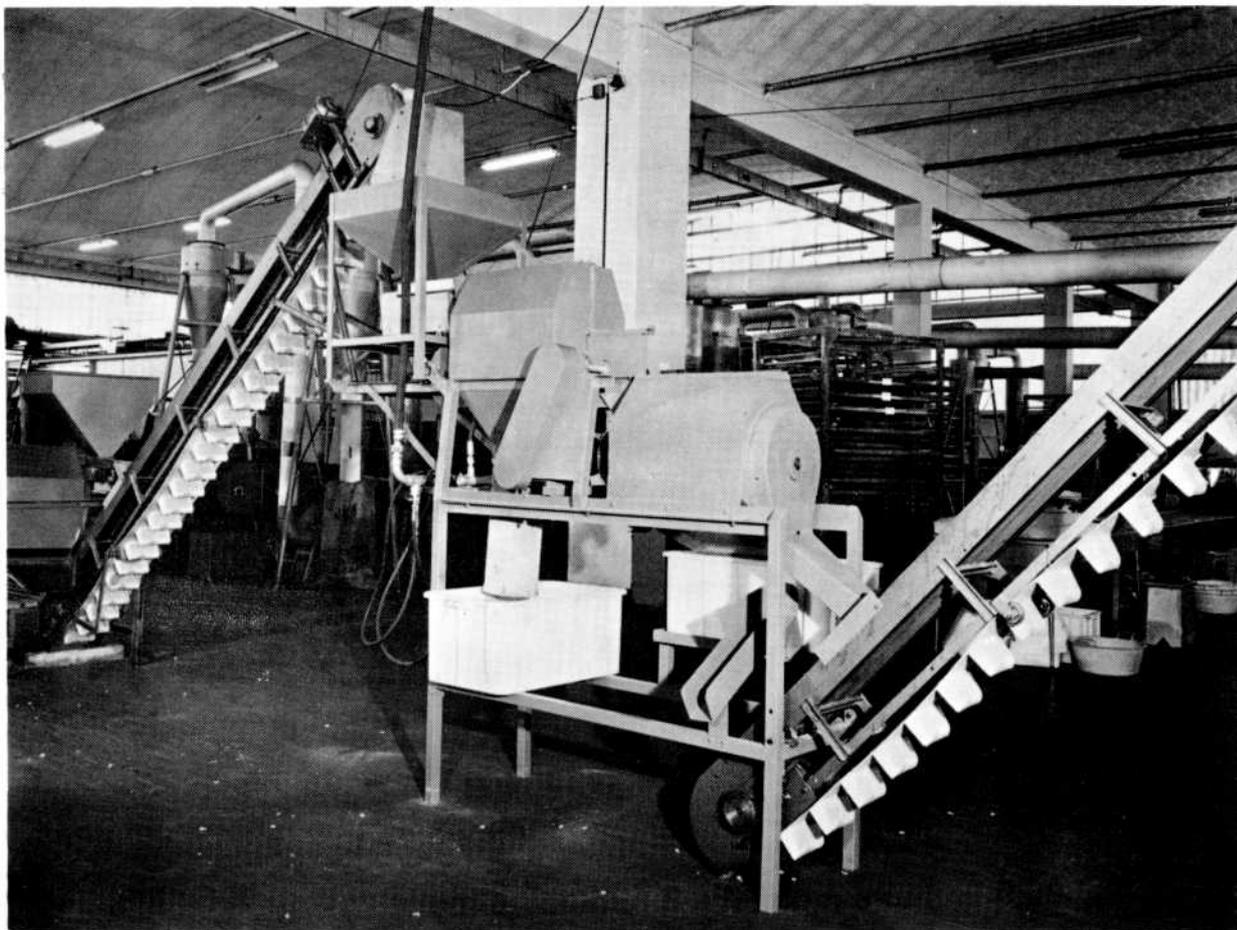
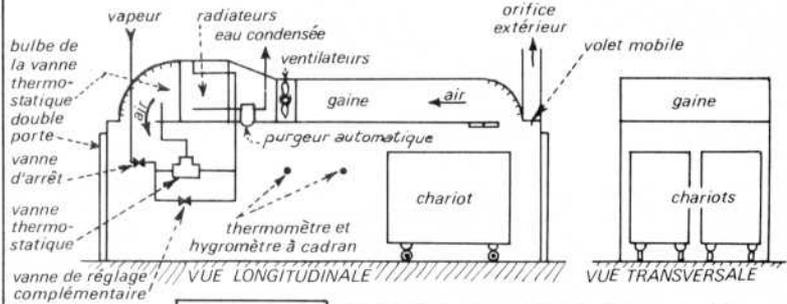
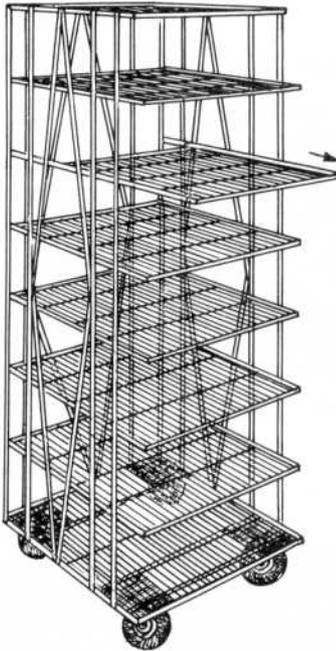
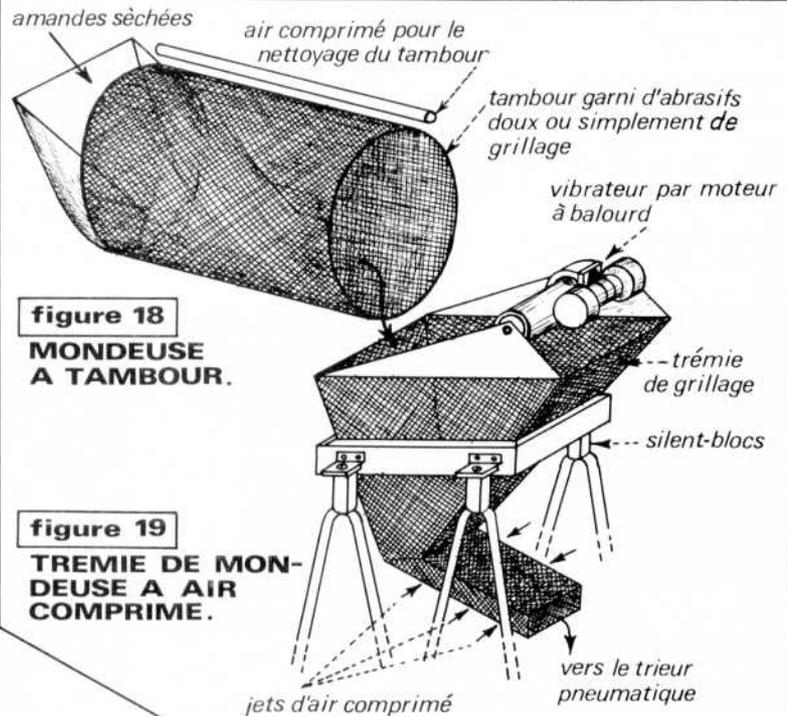


Photo 5 - Dépelliculeuse pneumatique (publiée avec l'aimable autorisation de la firme OLTREMARE SPA).

**figure 17** CHARIOT POUR ETUVE.

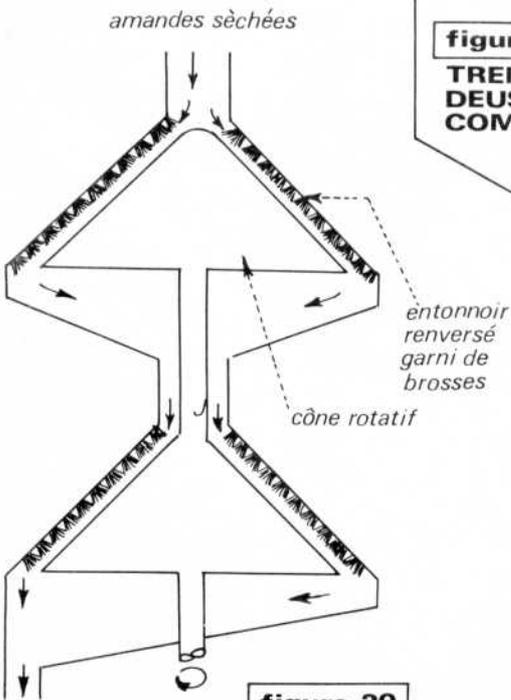


**figure 16** ETUVE DE SECHAGE DES AMANDES (d'après Lefèbvre).

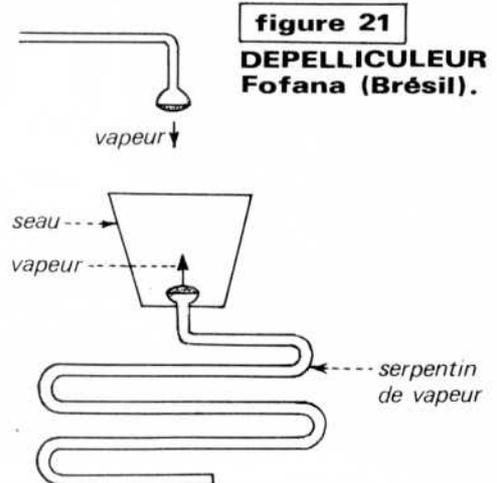


**figure 18** MONDEUSE A TAMBOUR.

**figure 19** TREMIE DE MONDEUSE A AIR COMPRIME.



**figure 20** DEPELLICULEUR MECANIQUE A CONES (ancien dispositif Oltremare).



**figure 21** DEPELLICULEUR Fofana (Brésil).

Cette opération a également le grave inconvénient de provoquer le jaunissement des amandes et, dans les cas extrêmes, de trois passages, leur brunissement (scorched).

Cette technique pneumatique est améliorée dans le brevet sud-africain n° 677.668 de l'ANGLO AMERICAN Co, qui décrit une machine faisant ce travail en fonctionnement continu entre deux douches d'air comprimé. Ce dernier présente l'avantage par rapport à la vapeur de ne pas risquer de roussir les amandes.

Signalons que des dépelliculeuses à air comprimé sont utilisées dans les installations CASHEW Co et SPENCE & PEIRCE. Nous n'en connaissons pas le principe exact. Par contre, nous avons vu fonctionner avec de bons résultats une dépelliculeuse pneumatique OLTREMARE.

La figure 19 représente un dispositif simple de dépelliculage à air comprimé réalisé expérimentalement au laboratoire IFAC.

#### Séparation des pellicules.

Nous avons examiné le problème du tri en sortie de montage au paragraphe précédent et nous en avons présenté un schéma. Il faut insister encore sur la nécessité de faire des recyclages des amandes mal dépelliculées. Le schéma représente le cas le plus simple où il n'y aurait pas de nécessité de recyclage. Ceci signifierait soit que la mondeuse est excellente, soit plus probablement que l'on achève le montage manuellement.

#### Réhumidification des amandes dépelliculées.

Cette réhumidification des amandes mondées n'est pas obligatoire. On est conduit à la faire si les amandes ont trop séché dans l'étude avant le montage. L'usine ILPA de Lisbonne la faisait de manière régulière. La SOMAHABIBO à Madagascar l'a faite également durant un certain temps.

En définitive, il semble que cette pratique améliore la tenue des amandes au cours du transport, mais diminue leur durée de conservation, elles deviendraient jaunes et exsouderaient l'huile.

En Inde, les amandes sur claies en couches de 4 cm sont placées durant 2 à 3 heures dans des chambres humides (wetting chambers) dont le sol est couvert de sciure de bois humide. L'humidité est voisine de la saturation et l'air n'est pas brassé.

A Lisbonne on considérait que l'optimum pour les amandes était de 6 p. cent d'humidité.

En pratique, le contrôle de l'humidité peut se faire : à l'étuve jusqu'à poids constant ; par une technique volumétrique au toluène ; au moyen d'un humidimètre électrique pour graines.

Seules les techniques au toluène sont reconnues valables, justes et reproductibles (BIDWELL STERLING, DEAN & STARK). La technique à l'étuve est lente, inexacte et difficilement reproductible, mais peut servir de test bon marché. La technique de mesure par humidimètre est également inexacte, mais plus reproductible, elle demande un étalonnage, mais permet des contrôles rapides en cours de fabrication.

Si les amandes sont frites dans l'huile à l'usine-même, il est bien évident que l'on a aucun intérêt à les réhumidifier avant friture car l'huile chassant l'eau au cours de cette opération, on augmenterait d'autant la consommation de l'huile de friture et on préférerait réhumidifier des amandes frites en prenant soin de les saler aussitôt.

## LE TRI DES AMANDES

Comme dans la plupart des industries grainières, on a cherché, pour la sélection des produits, à substituer au tri manuel un triage mécanique. Les techniques se sont affinées et des tris par crible (figure 22), à l'origine assez brutaux, on est passé à l'utilisation des sasseurs à brosses, puis des sasseurs à brosses complétés de «cyclones». Dans les dernières années, on parvint sur tri pneumatique sur coussin d'air qui peut le plus souvent être construit localement avec des ventilateurs importés (figure 23).

Dans certaines usines, on mécanisa le tri visuel qui séparait les amandes colorées (tachées, roussies, ou mal dépelliculées) par l'emploi de trieurs à cellules photo-électriques et jets d'air. Ce sont des trieurs électroniques. Ils sont identiques à ceux utilisés pour trier les pois et les haricots de semence, ainsi que les arachides de bouche et le café. Leur emploi débuta vers 1956 dans ces industries, mais les premières applications industrielles aux amandes remontent à 1962 (SORTEX, GUNSON).

## L'EMBALLAGE

L'évolution de l'emballage a été relativement lente. Depuis le stade artisanal des estagnons de 25 livres d'amandes blanches (gazées par un courant de CO<sub>2</sub> et soudés à la main) (figure 25), en passant par la technique de gazage à l'azote dans un caisson à vide (figure 26), il fallait près de 50 ans pour parvenir au conditionnement de détail réalisé sous vide sur le lieu même de décorticage (petites boîtes).

Depuis 1963, le suremballage des «tins» en carton remplace définitivement les caisses de bois pour toute la production de l'Inde.

Depuis 1969, on pratique l'emballage sous vide dans des sachets de complexe plastique sur machines automatiques.

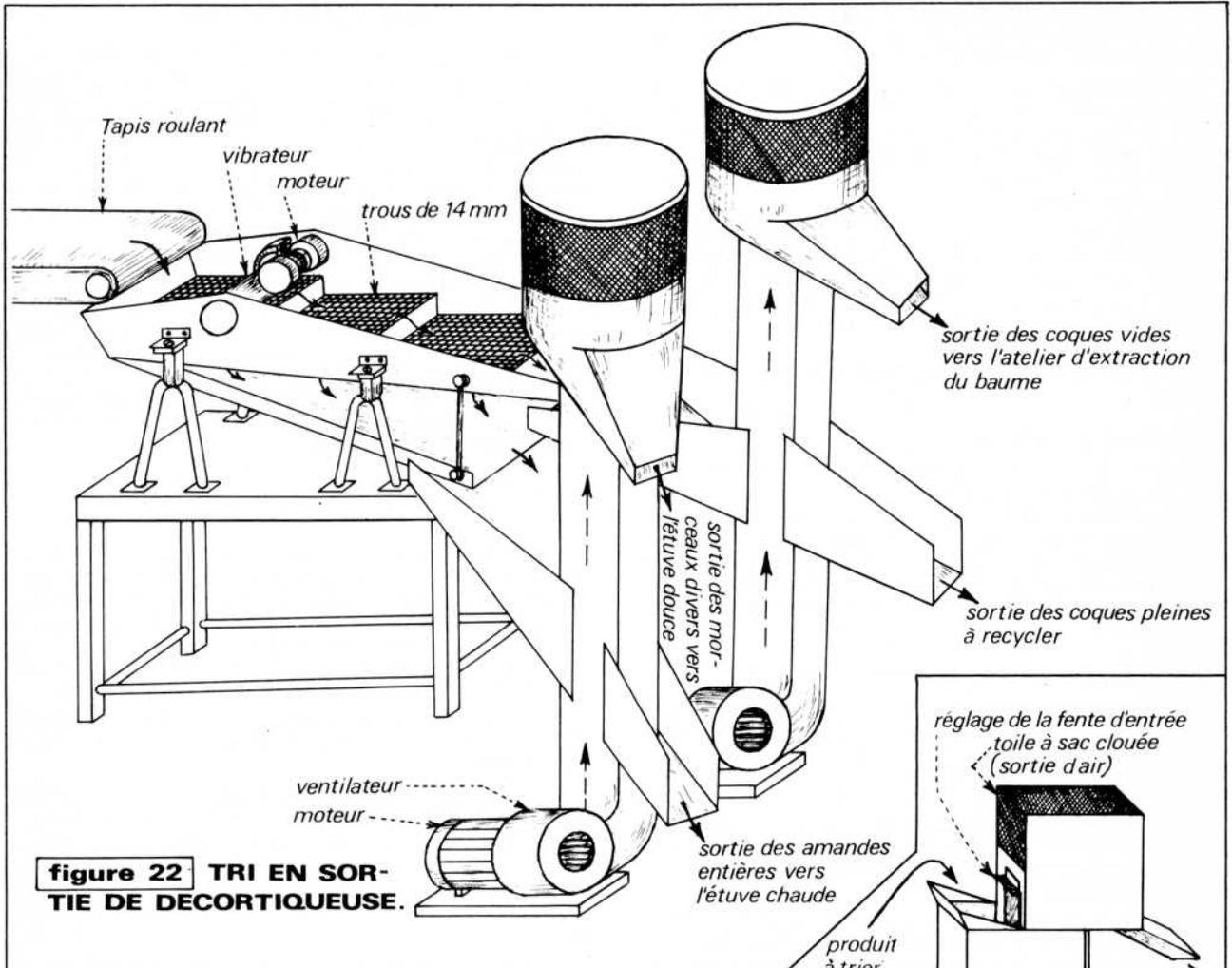
Ceci découle de l'évolution des modes de commercialisation qui demandent des petits conditionnements correspondant à des unités de vente au détail, dans des emballages personnalisés au nom du grossiste, dès l'usine de décorticage.

Il ne fait aucun doute que les années qui viennent apporteront également des solutions plus économiques pour différentes autres opérations du traitement, plus particulièrement en ce qui concerne les machines assurant le décorticage proprement dit.

Elles évolueront normalement vers des mécanismes plus rentables.

Ce rapide aperçu historique et bibliographique montre que l'évolution des techniques de traitement de l'anacarde a été assez lente. Cette lenteur n'est pas le résultat d'un manque d'intérêt (les nombreux brevets pris dans plusieurs pays l'attestent), mais en grande partie a été déterminée par l'aptitude de certains pays à effectuer le traitement manuel à des prix de revient extrêmement bas. Au sujet du décorticage manuel, le lecteur intéressé pourra consulter le livre de D.C. RUSSEL.

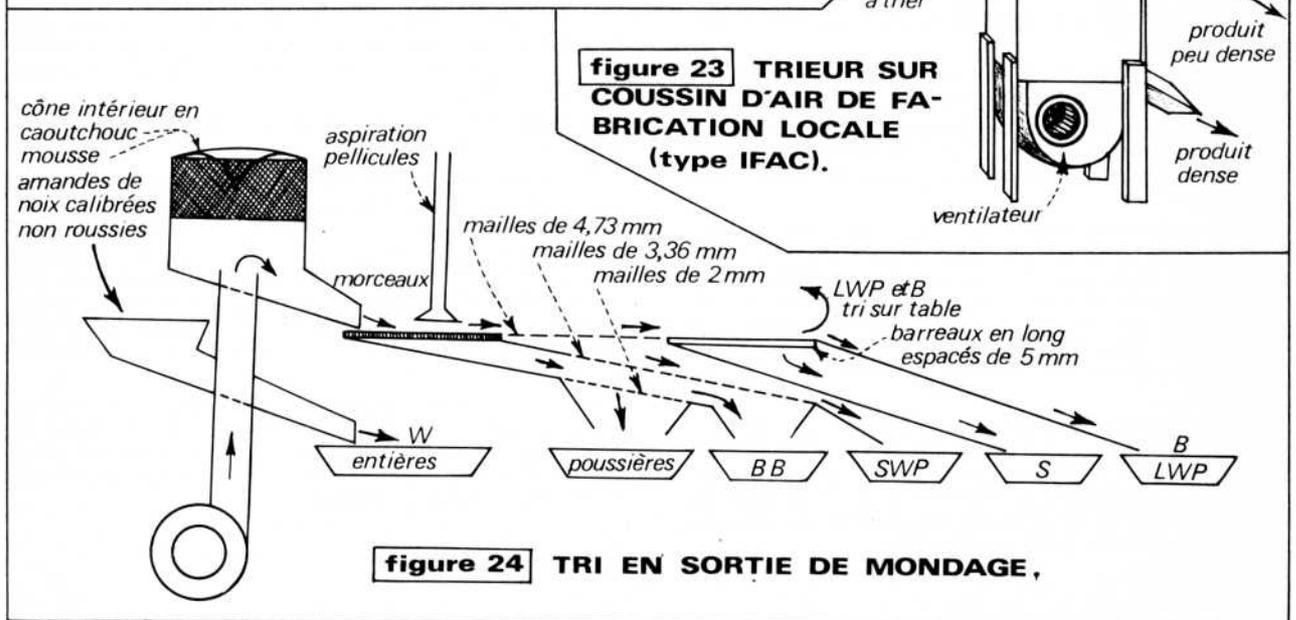
Depuis une dizaine d'années, et notamment en fonction de l'évolution sociale en Inde, les conditions ont changé et de nombreuses tentatives de mécanisation ont été réalisées. Les procédés issus de ces différentes possibilités seront examinés dans les articles suivants.



**figure 22 TRI EN SORTIE DE DECORTIQUEUSE.**

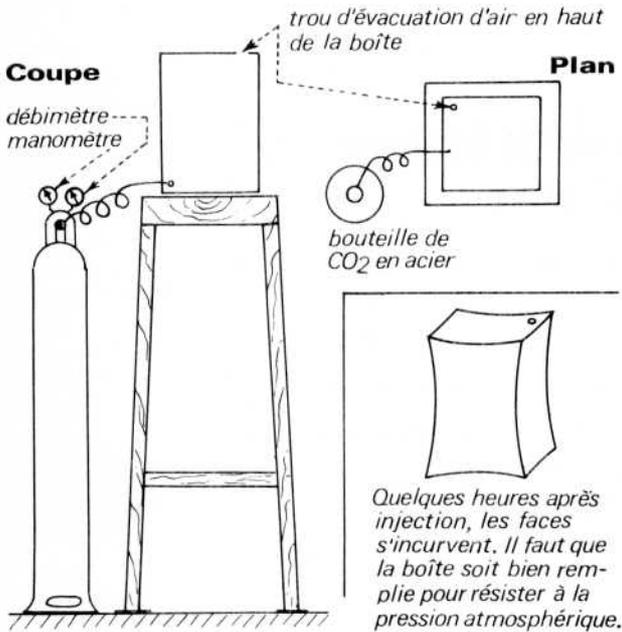


**figure 23 TRIEUR SUR COUSSIN D'AIR DE FABRICATION LOCALE (type IFAC).**

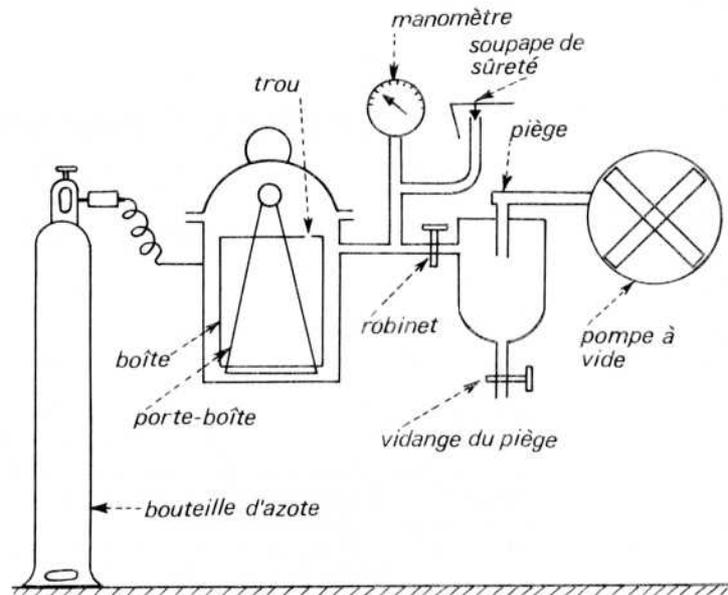


**figure 24 TRI EN SORTIE DE MONDAGE,**

**figure 25** EMBALLAGE EN ESTAGNONS  
Méthode artisanale par balayage ascendant.



**figure 26** GAZAGE A L'AZOTE APRÈS VIDE PARTIEL.



#### BIBLIOGRAPHIE

- RAMALHO CORREIA (1963).**  
A industrialização da castanha de Cajú. Ocajueiro e os seus produtos.  
(Edição da Direcção dos Serviços de Economia e estatística geral da Província de Moçambique), 270 p.
- RUSSEL (D.C.).**  
Traitement des noix d'anacarde.  
FAO, Rome, 1970, Bulletin des Services agricoles n°6.
- DUVERNEUIL (G.).**  
Possibilités de créer une industrie de l'anacardier.  
Rapport au Gouvernement de la Côte d'Ivoire.
- HAENDLER (L.). 1970.**  
Note sur l'anacardier dans les pays africains de l'Entente.  
Fruits, vol. 25, n°3, p. 205-209.

- LEFEBVRE (A.). 1971.**  
Multiplication végétative de l'anacardier.  
Fruits, vol. 26, n°12, p. 859-863.
- LEFEBVRE (A.). 1959.**  
L'anacardier, une richesse de Madagascar.  
Fruits, vol. 24, n°1, p. 43-61.
- POINTEREAU (F.).**  
Etude des zones favorables à la production de l'anacardier à Madagascar.  
IFAC, Ministère de l'Agriculture, Tananarive.
- IFAC-CTFT.**  
Etude de l'utilisation et des possibilités de développement de l'anacardier dans les pays francophones de l'Afrique de l'Ouest.

