

Quelles technologies le CIRAD peut-il proposer pour redynamiser la filière cocotier ?(1)

What technologies can be used to revitalize the coconut sector? A few proposals from CIRAD

A. ROUZIERE⁽²⁾

Résumé. — Le CIRAD-CP a été amené récemment à préconiser une réorientation des objectifs de la filière cocotier de plusieurs pays producteurs. Cette stratégie repose essentiellement sur une diversification accrue et une plus grande prise en compte des marchés locaux, ce qui implique le développement de petites et moyennes unités de transformation sur les lieux de production. La mise en place de telles unités nécessite de pouvoir disposer de technologies pouvant être exploitées efficacement dans de tels contextes et permettant l'obtention de produits de qualité. Dans cette optique, une équipe pluri-disciplinaire du CIRAD a entrepris l'étude de deux procédés relevant des voies humide ou semi-humide : l'extraction après séchage friture, et l'extraction assistée par les enzymes. Les technologies développées sont décrites en détail, et leur adéquation avec les objectifs assignés fait l'objet d'une discussion.

Mots clés. — Cocotier, filière, technologie, extraction, voie humide

Abstract. — CIRAD-CP was recently led to recommend a revision of coconut sector objectives in several producer countries. This strategy is primarily based on increased diversification and greater consideration of local markets, which implies the development of small and medium sized processing units at production sites. A prerequisite for the installation of such units is technologies that can be effectively implemented in such contexts and provide quality products. To this end, a multi-disciplinary CIRAD team carried out a study of two processes based on wet or semi-wet methods: extraction after hot oil immersion drying and enzyme-assisted extraction. The technologies developed are described in detail and their appropriateness for the objectives set is discussed.

Key words. — Coconut, sector, technology, extraction, wet process.

INTRODUCTION

Le Département des Cultures Pérennes du CIRAD s'intéresse depuis peu aux petites unités de transformation, qui peuvent constituer des solutions adaptées dans certains cas, par exemple pour la valorisation de la noix de coco. Bien qu'actuellement aucune expérimentation ne soit encore menée sur le terrain dans ce domaine, deux programmes distincts ont été mis en place pour l'étude et la mise au point de technologies d'extraction de la noix de coco : tout d'abord, le séchage-friture de l'amande, pour lequel les travaux sont bien avancés, et d'autre part l'extraction assistée par les enzymes, dont la phase d'étude fondamentale vient de s'achever.

L'exposé qui suit va donc présenter les premiers résultats expérimentaux obtenus dans ces deux programmes, ainsi que les perspectives de développement des technologies qui en découleront. Mais, avant d'aborder ces aspects techniques, il apparaît utile de revenir sur les raisons qui ont poussé différentes équipes du CIRAD à s'intéresser aux petites unités de transformation dans la filière cocotier.

L'ANALYSE DU CIRAD

Situation actuelle de la filière cocotier

Longtemps orientée vers la transformation oléagineuse, la filière cocotier souffre aujourd'hui de la sévère concurrence que se livrent sur le marché mondial les 3 huiles majeures : soja, palme, et tournesol. Dans le cas du palmier à huile, la compétition, par rapport au cocotier, s'exerce doublement : d'abord au

INTRODUCTION

The CIRAD Tree Crops Department has recently turned its attention to small processing units that can provide suitable solutions in some cases, such as for coconut valorization. Although no field experiments are being conducted at the moment on coconut processing, two distinct programmes have been launched to study and develop oil-seed extraction technologies: hot oil immersion drying of meat (H.O.I.D.), on which work is progressing well, and enzyme-assisted extraction for which the basic study phase has just been completed.

The first experimental results obtained in these two studies are given below, along with development prospects for the resulting technologies. However, before going on to these technical aspects, it is worth looking back at why the different CIRAD teams took an interest in small processing units for the coconut sector.

THE CIRAD ANALYSIS

Current situation in the coconut sector

Long since geared towards oil extraction, the coconut sector is currently suffering from strong competition on the world market from the three major oils: soybean, palm and sunflower. Competition from oil palm is twofold: firstly

(1) Communication présentée au Séminaire SEMTEC, Accra, 6-9/12/1993

(2) Technologie des oléagineux - Programme cocotier CIRAD-CP

(1) Communication présentée au Séminaire SEMTEC, Accra, 6-9/12/1993

(2) Technologie des oléagineux - Programme cocotier CIRAD-CP

travers de l'huile de palme, qui peut être substituée à l'huile de coprah pour bien des usages, et ensuite en tant que source d'huile de palmiste, qui constitue le corps gras le plus proche du coprah (huile laurique).

La faible compétitivité du cocotier en tant qu'oléagineux s'explique en partie par le caractère artisanal de la production primaire, mais également, il faut le reconnaître, par la mauvaise qualité des produits proposés à l'exportation : forte acidité des huiles, présence d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (H.A.P.), et contamination des tourteaux par les aflatoxines. Ces problèmes, qui sont posés depuis longtemps déjà, et qui ont été abondamment analysés, dérivent tous de la façon inadéquate dont, à la base, est préparé le coprah. Des solutions techniquement efficaces ont d'ailleurs été proposées à maintes reprises pour y remédier. Malheureusement, la plupart des mesures envisagées n'ont pas permis de redresser durablement la qualité du coprah, qu'elles soient d'ordre technique (utilisation de fours améliorés) ou réglementaire (édiction de normes pour la commercialisation). En tout état de cause, les campagnes d'information des producteurs ne peuvent donner des résultats probants qu'à moyen ou long terme, mais existera-t-il encore un marché du coprah à ces lointaines échéances ? Dans ces conditions, l'avenir du cocotier en tant que culture pérenne tropicale ne pourra être assuré qu'au prix de profonds changements à opérer au sein de la filière.

Les propositions du CIRAD

Consulté récemment pour évaluer les filières cocotier respectives de plusieurs pays producteurs du Pacifique-Sud, le CIRAD a été amené à élaborer une stratégie de développement alternative, reposant en grande partie sur la valorisation interne de la production (de Taffin *et al.*, 1993). Il s'agirait de stimuler la transformation sur place de la production récoltée au moyen de technologies appropriées pouvant être mises en oeuvre à plusieurs niveaux d'échelle. Le choix d'une telle option permettrait d'alimenter les marchés locaux en huile alimentaire, en énergie et en matières premières pour des activités de seconde transformation.

A noter que cette stratégie a été élaborée à partir de la réflexion collective d'un groupe de spécialistes relevant d'un large spectre de disciplines (agronomie, chimie, technologie et économie). En outre, cette option de développement convient plus spécialement à des régions particulières de production : zones insulaires, ou à cocoteraie dispersée, et qui connaissent d'importants problèmes logistiques tant au niveau de la commercialisation/transformation industrielle du coprah qu'à celui de l'approvisionnement des populations sur les plans alimentaire et énergétique.

Dans le détail, les propositions du CIRAD s'articulent à partir des réflexions suivantes :

- réduite à son seul secteur oléagineux, la filière cocotier n'a d'autre perspective qu'une lente érosion de sa part de marché face à la concurrence des autres huiles. En effet, étant donnée la structure particulière de sa production (petites exploitations, grande dissémination des parcelles, importance des pertes après récolte), le cocotier sera toujours mal placé sur le marché des huiles alimentaires par rapport aux autres oléagineux substituables. En fait, il s'agit le plus souvent d'une culture vivrière qui n'est que partiellement orientée vers le marché (export) des oléagineux.

Pourtant, la noix de coco présente une grande aptitude à la diversification. Un grand nombre de produits peuvent en être tirés : produits frais, corps gras et dérivés, concentrés protéiniques, les sous-produits de fabrication étant eux-mêmes valorisables. Les produits de transformation se prêtent à une large variété d'utilisations : alimentaire, chimique et énergétique. La stratégie de

through palm oil, which can be used to replace copra oil in many uses, and as a source of kernel oil, which is the oil most like copra oil (lauric oil).

Coconut's lack of competitiveness as an oil crop stems partly from the rudimentary nature of its primary production, but it has to be said that the poor quality of the products offered for export also plays a role: high oil acidity, presence of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) and presscake contamination by aflatoxins. These problems, which have already existed for a long time and have been amply analyzed, arise from the inadequate way in which copra is prepared from the outset. Moreover, technically effective solutions have been proposed on many occasions, but unfortunately most of the measures envisaged have not enabled sustainable improvement of copra quality, be they technical (using improved driers), or regulatory (introduction of marketing standards) In any case, producer information drives will only provide decisive results in the medium to long term, but will there still be a copra market by then? Under such conditions, the future of coconut as a tropical tree crop can only be guaranteed if there are profound changes within the sector.

CIRAD's proposals

*CIRAD was recently asked to assess the respective coconut sectors in several producer countries of the South Pacific and was led to draw up an alternative development strategy, largely based on domestic valorization of production (de Taffin *et al.*, 1993). It would involve the stimulation of local harvest processing using appropriate technologies suitable for use on several scales. Choosing such an option would ensure edible oil and energy supplies to the local markets, along with raw materials for secondary processing operations.*

It should be noted that this strategy was drawn up by a group of specialists spanning a wide range of disciplines (agronomy, chemistry, technology and economics). Moreover, this development option is especially adapted to particular production regions: island zones, or with widely scattered plantations, which face considerable logistical problems in terms of both copra marketing/industrial processing and food and energy supplies to local populations.

In detail, CIRAD's proposals centre on the following considerations:

- *Reduced to oil production alone, the coconut sector has no other prospect than the gradual erosion of its market share by the other oils. Indeed, given the particular structure of its production (smallholdings, widely scattered plots, extent of post-harvest losses), coconut will always be the poor relation on the edible oils market compared to the other substitutable oil crops. In fact, in most cases, it is a food crop that is only partially geared towards the oilseed (export) market.*

Nevertheless, coconut is highly versatile. A large number of products can be derived from it - fresh produce, fats and derivatives, protein concentrates - and the manufacturing by-products can themselves be valorized. Processing products lend themselves to a wide range of uses: food, chemical and energy. The coconut sector development strategy therefore has to

développement de la filière cocotier doit donc tenir compte de tous ces potentiels, qui dépassent de beaucoup l'exportation d'huile et de tourteau de coprah.

- Le marché export ne constitue pas le seul objectif intéressant pour un pays producteur, même si ce dernier a cruellement besoin de devises. La satisfaction de la demande intérieure peut constituer, dans bien des cas, un objectif raisonnable, tant sur le plan socio-économique (satisfaction des besoins locaux, développement d'activités de transformation, et amélioration des revenus des producteurs par l'accroissement de la part de la production faisant l'objet d'une valorisation) qu'au niveau macro-économique (substitution d'importations par des productions locales).
A noter que pour une jeune entreprise de transformation, il peut s'avérer moins risqué d'écouler la production de l'unité sur le marché local plutôt qu'à l'exportation. Ce dernier marché, souvent très exigeant en matière de qualité et sur le plan réglementaire, pourra être abordé dans une seconde étape, après qu'aient été atteints des niveaux suffisants d'expertise et de compétitivité.
- En zone de production très excentrée, comme c'est le cas dans bon nombre de petites îles de l'océan Pacifique, l'incidence exagérée des frais de collecte et de transport obère la rentabilité de la filière. Dans ces situations, il apparaît préférable de transformer sur place les noix en produits pouvant satisfaire le maximum de besoins locaux : huile et farine ou tourteau, bien sûr, mais également toute une gamme de produits frais. L'huile de coco trouve son premier emploi en alimentation humaine, mais elle peut également être valorisée sous forme énergétique, notamment comme carburant dans des moteurs Diesel. Toutes ces applications de type "énergétique" ont fait l'objet de nombreux travaux depuis plusieurs années déjà. Pour sa part, la section "Motorisation" du CIRAD a testé avec succès plusieurs modèles de moteurs de toutes puissances fonctionnant sur huiles végétales (Vaitilingom, 1994).
- La valorisation locale de la production de noix de coco passe par le développement de technologies exploitables au niveau de petites unités de transformation. En ce qui concerne l'extraction oléagineuse par voie sèche, il existe un grand nombre de petits équipements de trituration de faible capacité, qui permettent de reproduire avec plus ou moins de succès le process industriel. Mais, pas plus que les matériels utilisés dans les grandes huileries, ces petits équipements ne permettent d'éviter les défauts qualitatifs décrits précédemment et liés à la qualité initiale du coprah. En outre, en l'absence de raffinage, ces défauts de qualité perdurent jusqu'au stade de la consommation, ce qui est inacceptable.

Dans ces conditions, il paraît préférable d'adopter une technologie qui court-circuite le stade coprah, et par là permette d'éviter tous les défauts liés à ce produit intermédiaire. C'est sur ce schéma de principe que travaille depuis quelques années l'équipe chimie-technologie des oléagineux du CIRAD.

Deux procédés sont étudiés parallèlement, l'un relevant de la voie dite "semi-humide" (extraction de l'albumen après séchage-friture), et l'autre de la voie humide (extraction assistée par les enzymes). L'objectif visé est la mise à disposition des producteurs de technologies simples, efficaces, adaptées aux conditions d'exploitation et pouvant être mises en oeuvre à différentes échelles.

take into account all this potential, which extends well beyond oil and copra cake export.

- *The export market is not the only worthwhile target for a producer country, even if it is in dire need of foreign currency. In many cases, meeting domestic demand can be a reasonable objective, both from a socio-economic viewpoint (satisfying local requirements, developing processing activities and improving producer income through valorization of a larger proportion of their production) and from a macro-economic angle (replacing imports by local production).
It is worth noting that producing for the local rather than the export market can prove less risky for a new processing company. The export market is often very demanding in terms of quality and regulations and could be targeted at a later stage, once the necessary skills and competitiveness have been acquired.*
- *In remote production zones, such as many islands in the Pacific Ocean, the unduly high collection and transport costs are a heavy burden on coconut sector profitability. In such situations, it seems preferable to process nuts on site into products that can satisfy a maximum of local requirements: oil and meal or presscake, of course, but also a wide range of fresh products. The main use of coconut oil is in the human diet, but is also used as an energy source, primarily as fuel for diesel engines. A considerable amount of work has been devoted to these "energy" applications. CIRAD's "motorization" section has successfully tested several types of engine of varying power outputs operating on vegetable oils (Vaitilingom, 1994).*
- *Local valorization of coconut production involves the development of technologies suitable for use in small-scale processing units. For oil extraction by the dry process, there is a wide range of low-capacity crushing equipment that successfully reproduces the industrial process to varying degrees. Nevertheless, this small-scale equipment does not overcome the quality defects already described and linked to initial copra quality any more than the equipment used in large oil mills. Moreover, without refining, these quality defects persist up to the consumption stage, which is unacceptable.*

Under these conditions, it would seem preferable to adopt a technology that circumvents the copra stage, thereby avoiding all the defects linked to this intermediate product. The CIRAD oil crops chemistry-technology team has been working on this basic principle for the last few years.

Two processes are being studied concurrently, one based on the so-called "semi-wet" process (extraction from the meat after H.O.I.D.) and the other based on the wet process (enzyme-assisted extraction). The aim sought is to provide producers with simple, effective technologies adapted to operating conditions and suitable for use on different scales.

LES TECHNOLOGIES PROPOSEES PAR LE CIRAD

L'extraction après séchage-friture (ou : extraction zéro coprah)

• Définition

Cette technologie, qui relève de la voie semi-humide, permet d'extraire l'huile de coco à partir d'amandes fraîches préalablement déshydratées par immersion dans un bain de friture. Elle est traditionnellement utilisée à petite échelle dans les pays du sud-est asiatique, et a été adoptée récemment par des industriels. Cependant cette méthode est encore conduite de façon empirique, car n'ayant jamais fait l'objet d'une étude approfondie.

• Description

Après décocage, l'albumen de coco est broyé en fins morceaux puis immergé dans un bain d'huile de coco porté à température moyenne (110 à 150 °C). Cette opération entraîne un fort transfert de chaleur du bain vers la chair de coco dont l'eau libre portée à ébullition s'échappe, si bien que la teneur en eau du produit tombe à une valeur de quelques points en moins de 20 minutes. La durée du séchage varie en fonction de la granulométrie des particules, de la température du bain, et de l'agitation de l'ensemble. L'albumen déshydraté est alors sorti du bain, égoutté, et envoyé immédiatement à l'alimentation de la presse. Il s'est légèrement enrichi en huile au cours de la friture, mais cela n'a pas une grande importance dans la mesure où cette huile est identique à celle qui est extraite ensuite.

• Caractéristiques remarquables du procédé

- Utilisation de l'huile de coco produite par l'unité d'extraction pour préparer le bain de friture servant au séchage de l'amande fraîche. En utilisant un rapport amande/huile de 1/2, le turn-over de l'huile se situe aux environs de 6, ce qui, pour une durée de séchage de 20 minutes, correspond à une utilisation de 2 heures en conditions de friture ;
- maintien de la température interne du produit dans une zone proche de 100°C tant que la déshydratation n'est pas arrivée à son terme, et ce quelque soit la température du bain. Le séchage de l'albumen ne se traduit donc pas par des dégradations importantes de ses composés ;
- transformation très rapide de la matière première, qui permet de produire de l'huile et du tourteau d'excellente qualité (l'huile pouvant être utilisée directement sans raffinage intermédiaire dans la plupart des cas) ;
- approvisionnement de l'huilerie à partir de noix fraîches entières et non plus de coprah, ce qui implique qu'elle soit implantée au coeur des zones de production, ou à proximité immédiate ;
- amélioration de la balance énergétique de l'unité d'extraction, du fait des modifications majeures intervenant dans le process : déplacement des activités de pré-transformation du champ vers l'huilerie, ce qui entraîne pour celle-ci une consommation d'énergie calorifique supplémentaire (séchage de l'amande), mais génère de grandes quantités de coques (combustible) ; mise en oeuvre d'un procédé de séchage plus performant sur le plan énergétique (meilleur transfert de chaleur avec le séchage par immersion) ; suppression du poste de conditionnement thermique avant pressage. L'amande déshydratée sortant du bain de friture à une température proche de celle requise pour passer à l'expeller.
- adaptation aisée des huileries existantes au nouveau *flow-sheet*, qui ne nécessite que l'installation d'un atelier de décocage-déshydratation en amont de la trituration, et si possible l'implantation d'une centrale thermique fonctionnant à partir des coques (chaudière, ou unité de pyrolyse).

TECHNOLOGIES PROPOSED BY CIRAD

Extraction after H.O.I.D. (or: zero copra extraction)

• Definition

This technology, which is based on the semi-wet process, is used to extract coconut oil from fresh meat dehydrated beforehand by immersion in a hot oil bath. It is traditionally used on a small scale in Southeast Asian countries and has recently been adopted by industrialists. However, this method is still used on a trial and error basis, as no in-depth study has ever been carried out.

• Description

After shelling, the coconut meat is crushed into small pieces and immersed in a bath of coconut oil heated to a temperature of 110 to 150 °C. This operation leads to substantial heat transfer from the bath to the coconut meat, whose free water is brought to boiling point and escapes, so that the water content of the product falls to just a few points in less than 20 minutes. The drying time varies depending on particle size, bath temperature and stirring. The dehydrated meat is then removed from the bath, drained and sent immediately to the press. It becomes slightly enriched in oil during H.O.I.D., but this is of little importance insofar as the additional oil is identical to that subsequently extracted.

• Noteworthy characteristics of the process

- Coconut oil produced by an extraction unit is used to prepare the hot oil bath for fresh meat drying. Using a meat:oil ratio of 1:2, oil turnover is around 6, which for a 20-minute drying period corresponds to 2 hours' use under H.O.I.D. conditions ;
- the internal temperature of the product is maintained at around 100 °C until dehydration is complete, irrespective of the bath temperature. There is therefore no great deterioration of meat constituents during drying.
- the raw material is processed very rapidly, resulting in excellent quality oil and cake (the oil can be used directly without refining in most cases).
- the oil mill is no longer supplied with copra but with whole fresh nuts, meaning it has to be located in the heart of production zones, or in the immediate vicinity.
- the energy balance of the extraction unit is improved, through major modifications to the process: pre-processing activities moved from the field to the oil mill, which consumes more heat energy (meat drying), but generates large quantities of shells (fuel); use of a more energy-efficient drying procedure (better heat transfer with H.O.I.D.); elimination of the heat conditioning stage before pressing, as the dehydrated meat leaves the hot oil bath at a temperature similar to that required by the expeller.
- existing oil mills can easily be adapted to the new *flow-sheet*, which requires the installation of a shelling-dehydration unit upstream of crushing, and if possible the installation of a shell-burning heat production unit (boiler or pyrolysis unit).

- Etat d'avancement des travaux de développement du procédé

Après une première série d'essais préliminaires destinés à situer le domaine de travail, l'étude s'est poursuivie en collaboration avec l'équipe "génie et technologie agro-alimentaires" du CIRAD-SAR, qui dispose de compétences complémentaires en matière de Génie des procédés de transformation agro-alimentaires. L'étude cinétique de la déshydratation de l'amande de coco a été réalisée selon la méthodologie des plans d'expérience et des surfaces de réponse, ce qui permet de gérer un grand nombre de facteurs et leurs interactions. Cette première phase expérimentale a permis de hiérarchiser les facteurs étudiés et de préciser le domaine d'exploitation du procédé (Beckrich, 1993 ; Ranaivoarison, 1993).

L'expérimentation doit encore être poursuivie pour améliorer la connaissance des phénomènes en jeu dans ce procédé, et, notamment, les transferts de matière (eau liquide et gazeuse). Cependant, la masse de renseignements déjà recueillie est suffisante pour que l'on puisse spécifier une première unité pilote. De capacité réduite, ce prototype fonctionnera en batch, selon le schéma opératoire représenté à la figure 1. L'expérience accumulée à l'occasion de la mise en service du pilote devrait faire progresser considérablement notre savoir-faire tant en matière d'exploitation de l'unité de séchage qu'au niveau de la conception des équipements qui la composent.

La poursuite de l'étude fondamentale menée en parallèle devrait permettre de modéliser les phénomènes de transferts de chaleur (énergie d'évaporation) et de matière (principalement déshydratation). Il deviendra alors possible de concevoir et de spécifier un équipement pour le traitement en continu de l'amande, destiné à une exploitation de type industriel.

- Progress made in process development

Following an initial series of preliminary trials to pinpoint the work required, the study was continued in conjunction with the CIRAD-SAR "Agribusiness engineering and technology" team, which has complementary skills in food industry process engineering. A study was made of coconut meat dehydration kinetics based on an experiment plan and response surface methodology. After this initial experimental phase, it was possible to rank the factors studied in order of importance and define the scope of the procedure (Beckrich, 1993; Ranaivoarison, 1993).

Further experimentation is needed to improve knowledge of the phenomena involved in this procedure, and particularly matter transfer (water in liquid and vapour form). However, the mass of data already gathered is sufficient to be able to draw up specifications for the first pilot unit. This will be a low capacity unit operating in batch, as per the operating diagram in figure 1. The experience acquired once the pilot unit comes on stream should considerably increase our know-how, in both drying unit operation and equipment design.

The fundamental study being pursued at the same time should enable heat (evaporation energy) and matter (mainly dehydration) transfer modelling. It will then be possible to design equipment and draw up specifications for continuous coconut meat processing for industrial type units.

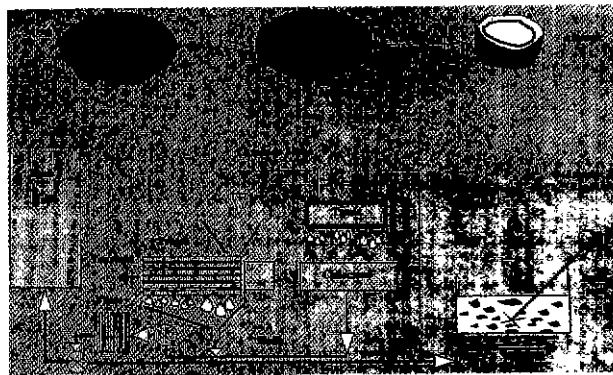
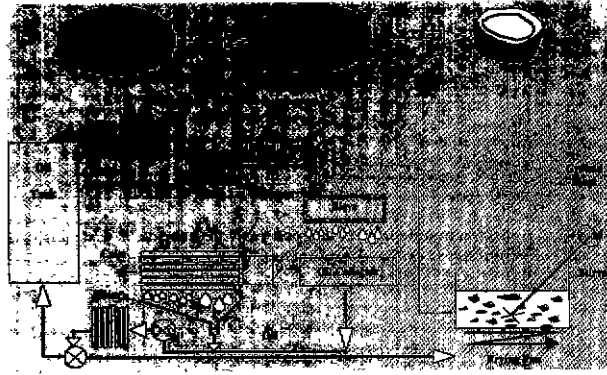


FIG. 1. — Extraction de la noix de coco par voie semi-humide : séchage-friture de l'amande avant trituration — (Coco oil extraction by semi-humid processing hot oil immersion drying of coconut meat before crushing)



L'extraction assistée par les enzymes de l'amande de coco (voie humide)

- Définition

Reprenant une voie déjà explorée pour la trituration de l'olive et largement exploitée pour l'extraction des jus de fruits, cette technologie a été adaptée à la noix de coco avec succès il y a quelques années par une équipe de l'Université de Mexico (McGlone *et al.*, 1986). Elle consiste à soumettre les tissus végétaux devant être extraits à l'action hydrolysante d'une préparation enzymatique commerciale de composition adaptée au but recherché.

L'originalité de la voie actuellement suivie par le CIRAD, en collaboration étroite avec le service du professeur Lepetit, de l'Université de Marseille (Bertrand, 1994), réside dans le fait que l'on exploite l'activité d'enzymes naturellement présents dans l'albumen de la noix de coco au lieu d'utiliser une

Enzyme-assisted extraction from coconut meat (wet method)

- Definition

This technology, which has already been tested for olive crushing and widely used for fruit juice extraction, was successfully adapted to coconut a few years ago by a team at the University of Mexico City (McGlone *et al.*, 1986). It consists in subjecting plant tissue to the hydrolyzing action of a commercial enzyme preparation with a composition suited to the end product in mind.

The innovation of the approach currently being taken by CIRAD in close conjunction with Professor Lepetit's department at the University of Marseille (Bertrand, 1994) lies in the fact that use is made of the action of enzymes found naturally in coconut meat, rather than using a

préparation commerciale. L'hypothèse de l'existence de tels enzymes endogènes avait été avancée à l'occasion d'un travail antérieur mené sur l'extraction artisanale d'huile à partir de noix de coco fraîche (Sanogo, 1989).

• Description

Après décocage, l'amande fraîche est fragmentée finement, par râpage pour les très petites capacités (comme dans la technique traditionnelle), ou en utilisant un broyeur pour les unités plus importantes. Les particules d'albumen sont ensuite diluées dans une certaine quantité d'eau, et le pH de la suspension obtenue est ajusté à une valeur faiblement acide. Après une période de macération inférieure à 5 heures, l'amande est séparée de l'eau et égouttée, avant d'être pressée mécaniquement. Deux produits sont obtenus à la pression : une phase liquide émulsionnée (lait de coco), et un résidu solide (gâteau de pressage) (Fig. 2).

L'activité d'extraction peut s'arrêter à ce stade, le lait de coco bénéficiant d'une demande de plus en plus large, mais peut également être prolongée vers la production d'huile. Une opération complémentaire de déphasage est alors nécessaire, qui peut être réalisée de façon physique (cuisson ou centrifugation), biochimique (utilisation d'enzymes), ou encore biologique (utilisation de micro-organismes) (Fig. 3).

commercial preparation. The existence of such endogenous enzymes was first suggested in previous work carried out on small-scale oil extraction from fresh coconut meat (Sanogo, 1989).

• Description

After shelling, fresh coconut meat is broken up finely, by grating in very small units (as in the traditional technique), or using a crusher in larger units. The meat particles are then mixed with a certain amount of water and the pH of the resulting suspension is adjusted to a slightly acid value. After maceration for less than 5 hours the meat is separated from the water, drained, then mechanically pressed, resulting in two products: an emulsified liquid phase (coconut milk) and a solid residue (presscake) (Fig. 2).

The extraction operation may stop here, as coconut milk is in increasing demand, but can also be extended to produce oil, when phase separation is required. This can be physical (heating or centrifuging), biochemical (enzymes), or biological (micro-organisms) (Fig. 3).

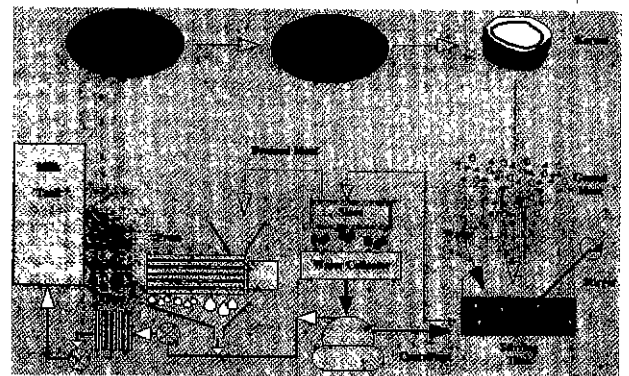
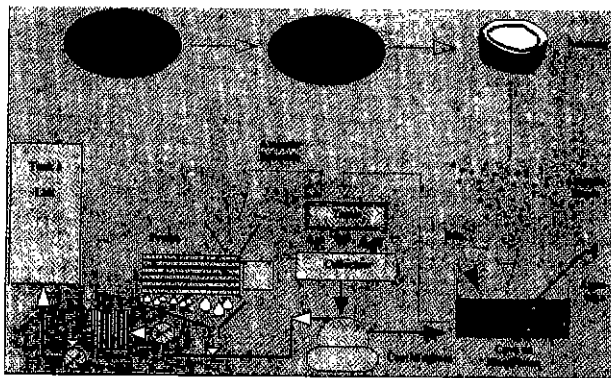


FIG. 2. — Extraction de la noix de coco par voie humide. 1. Extraction du lait assistée par les enzymes — (Coco oil extraction by humid processing . 1 Endogenous enzyme-assisted extraction of coconut milk)

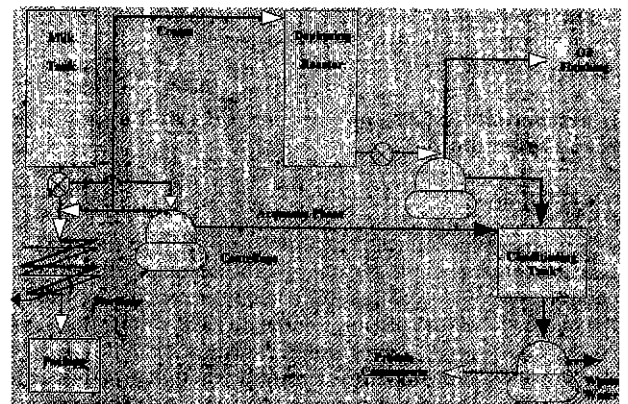
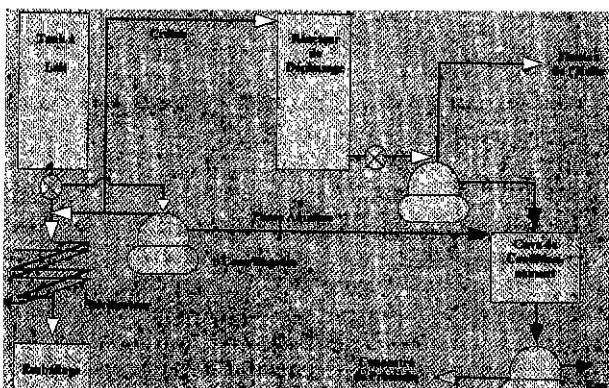


FIG. 3. — Extraction de la noix de coco par voie humide. 2. Déphasage de l'émulsion du lait et récupération des protéines — (Coco oil extraction by humid processing. 2. Dephasing of coconut milk emulsion and proteins recovery)

- Principales caractéristiques du procédé

- Localisation de l'unité de transformation sur les lieux de production, de façon à faciliter l'approvisionnement en noix fraîches de bonne qualité.
- Grande versatilité du procédé, qui constitue une première étape commune à plusieurs lignes de transformation de la noix : produits frais (lait, crème) et produits dérivés (poudre de lait), huile vierge très aromatique, farine de coco (à partir du gâteau de pressage), concentré protéinique.
- Forte influence des paramètres de mise en oeuvre de l'étape de macération de l'amande sur le rendement d'extraction : broyage, dilution, pH, agitation et température. En fait, il faut se placer dans des conditions favorisant l'expression des activités enzymatiques concernées : une macération de 2 heures réalisée dans des conditions optimales (pH 5, 30 °C, et agitation continue) a permis de gagner 15 points d'huile à l'extraction.
- Obtention de sous-produits d'excellente qualité, puisque n'ayant pas été soumis à des conditions de fabrication dégradantes : gâteau de pressage, qui comporte encore entre 20 et 30% de matière grasse, et peut être valorisé en alimentation animale après séchage⁽¹⁾ ; protéines natives pouvant être facilement concentrées, après séparation de la matière grasse du lait.

- Etat d'avancement de l'étude du procédé

Le sujet est beaucoup moins avancé que le dossier précédent sur le séchage friture. Cependant, des résultats très prometteurs ont été obtenus par F. Bertrand dans le cadre de son travail de thèse de doctorat. Cette dernière a mis en évidence dans l'albumen de la noix de coco un certain nombre d'enzymes pouvant favoriser l'extraction de la phase grasse (cellulases, hémicellulases, pectinases). Les conditions d'expression de l'activité de ces enzymes ont été étudiées, et on a pu améliorer sensiblement le rendement d'extraction en optimisant l'étape de macération.

Suite à ces premiers résultats prometteurs, le CIRAD-CP a défini une stratégie de développement de technologies dérivées : poursuite de la caractérisation des enzymes endogènes de l'amande, étude de la stabilité de l'émulsion du lait de coco et des facteurs entraînant le déphasage. Etant donnée la grande diversité des sujets abordés, et le volume de travail nécessaire à leur approfondissement, des collaborations scientifiques ont été établies avec les équipes des professeurs Clonies, de l'Université Agronomique d'Athènes, Grèce (caractérisation physico-chimique de l'émulsion) et Sanchez, de l'Université de Los Baños, Philippines (utilisation de procédés fermentatifs de déphasage). Une demande de financement a été déposée au dernier appel d'offre STD3 de la Communauté Européenne pour soutenir cet important projet de recherche.

DISCUSSION

Avantages attendus

- Qualité des produits

L'adoption d'un procédé de traitement de la noix de coco relevant des voies humides ou semi-humides garantit l'obtention de produits exempts de tous les défauts de qualité associés au coprah : contaminations diverses se traduisant par l'acidification de l'huile, la présence de mycotoxines, d'H.A.P. et de défauts de couleur. Mieux encore, les conditions particulièrement rapides et douces de fabrication ne peuvent conduire qu'à des produits finis de très grande qualité. L'huile peut-

(1) ou en confiserie, ce produit présentant une agréable saveur de coco

- Main characteristics of the procedure

- The processing unit is located at the production sites, to facilitate good quality fresh nut supplies
- The procedure is highly versatile, since it constitutes an initial stage common to several nut processing lines: fresh products (milk, cream) and by-products (milk powder); highly aromatic virgin oil; coconut meal (from presscake); protein concentrate.
- The operating parameters of the meat maceration stage have a substantial effect on extraction yield: crushing, dilution, pH, stirring and temperature. In fact, it is necessary to establish the conditions favouring the expression of the enzyme activities involved: maceration for 2 hours under optimum conditions (pH 5, 30 °C and continuous stirring) has resulted in a 15 point increase in oil extraction.
- The by-products obtained are of excellent quality, since they are not subjected to manufacturing conditions likely to deteriorate them: presscake, which still contains between 20 and 30% oil, can be used for animal feed after drying(1); inherent proteins can easily be concentrated after fat separation from the milk.

- Progress made in the study of the procedure

This subject is far less advanced than H.O.I.D., but very promising results have been obtained by F. Bertrand in her Doctorate thesis work. She has discovered a certain number of enzymes in coconut meat that can assist fatty phase extraction (cellulases, hemicellulases, pectinases). The conditions required for these enzymes to operate have been studied and the extraction yield was substantially improved by optimizing the maceration stage.

Following these initial results, CIRAD-CP defined a derived technology development strategy: continued characterization of endogenous enzymes in the meat, study of coconut milk emulsion stability and factors involved in phase separation. Given the great diversity of the subjects covered, and the volume of work involved in expanding upon them, scientific collaboration has been established with the teams of Professor Clonies from the Agricultural University of Athens, Greece (physicochemical characterization of the emulsion) and Professor Sanchez from the University of Los Baños, Philippines (use of phase separation fermenting procedures). Funding for this important research project has been requested under the latest STD3 call for proposals from the European Union.

DISCUSSION

Advantages offered

- Product quality

Adopting a coconut processing method based on the wet or semi-wet processes guarantees products free of all the quality defects associated with copra: various types of contamination causing oil acidification, presence of mycotoxins, PAH and colour defects. Better still, the particularly rapid and mild manufacturing conditions are bound to give very high quality products. Oil can be supplied for

(1) or in confectionery, since it gives a pleasant coconut flavor

être livrée à la consommation sans raffinage, mais sa désodorisation peut devenir nécessaire quand les consommateurs visés n'apprécient pas ses caractéristiques organoleptiques très marquées.

- Souplesse d'exploitation

Les deux technologies décrites présentent le grand avantage de ne pas être complètement "fermées" par rapport à une production ou un système d'exploitation donnés. Cette caractéristique est particulièrement remarquable dans le cas de l'extraction assistée par les enzymes, procédé qui doit être considéré comme la première étape d'un schéma de transformation très diversifiée de la matière première, mais on la retrouve également avec le séchage-friture de l'amande de coco. En effet, les huileries peuvent s'équiper de ce type d'installation et continuer à triturer du coprah si bon leur semble ; les deux systèmes peuvent co-exister sans problème.

- Autosuffisance énergétique

L'exploitation des technologies relevant des voies humides ou semi-humides est à l'origine de la production de grandes quantités de coques vides. Les futures unités d'extraction devraient donc bénéficier d'un disponible énergétique supérieur à leurs besoins. Comme il n'est pas envisageable d'équiper les petites installations de générateurs électriques (turbines à vapeur), ces unités disposeront de larges surplus de coques, qui pourraient être valorisées sous forme de charbon. Par contre les plus grandes installations devraient être autonomes au niveau énergétique, non seulement en ce qui concerne la vapeur, mais également sur le plan électrique.

Simplicité

Les deux technologies développées par le CIRAD ont été essentiellement choisies pour la simplicité de leur mise en oeuvre. Il s'agissait avant tout d'éviter les deux types d'écueils généralement rencontrés avec les procédés de transformation par voie humide : faible efficacité en l'absence de moyens techniques puissants (broyage, pressage, séparation centrifuge etc...), ou bien trop grande sophistication des technologies y recourant. Les faiblesses quasi "congénitales" de ces technologies expliquent qu'à ce jour aucune d'entre-elles n'ait connu de véritable développement, bien que leur intérêt soit reconnu depuis longtemps pour la valorisation complète de la noix de coco en produits de haute qualité.

Il fallait donc trouver d'autres solutions qui permettent de conserver tous les avantages de la voie humide (rapidité et qualité) mais sans en présenter les inconvénients (mauvais rendements ou technicité trop élevée). Le séchage friture, déjà largement employé à l'échelle artisanale en Asie du sud-est, permettait de combiner rapidité et rendement, mais il restait à en optimiser les conditions opératoires pour pouvoir garantir la parfaite qualité des produits. Autre procédé très répandu de par le monde, l'extraction du lait de coco par râpage et dilution de l'amande dans l'eau ne permet pas de récupérer la majeure partie de l'huile et des protéines contenues si elle n'est pas réalisée à l'aide de moyens mécaniques puissants. L'exploitation de l'activité de certains enzymes endogènes au cours d'une étape de macération permet d'accroître considérablement le rendement d'extraction. L'adoption de cette procédure simple par les petits artisans permettrait d'améliorer grandement l'efficacité et la rentabilité de leurs ateliers, ce qui constituerait déjà un progrès important en soi. Mais le procédé pourrait également être exploité en conditions industrielles, avec pour résultat une diminution de la demande en puissance mécanique et la possibilité d'utiliser des techniques séparatives moins sophistiquées (et moins coûteuses).

consumption without refining, though deodorization may be necessary as some consumers do not appreciate its very marked organoleptic characteristics.

- Operating flexibility

The two technologies described offer the great advantage of not being completely "set apart" from a given production or farming system. This characteristic is particularly notable in the case of enzyme-assisted extraction, a procedure which should be considered as the first stage in a highly diversified raw material processing scheme, but it is also found in H.O.I.D. of coconut meat. Indeed, oil mills can be equipped with this type of installation and continue to process copra, as both systems can easily coexist.

- Energy self-sufficiency

Using technologies based on wet and semi-wet processes produces large quantities of empty shells, meaning that H.O.I.D. extraction units should end up with an energy surplus. As it is not feasible to equip small-scale installations with electricity generators (steam turbines), they can make use of the large surplus of shells in charcoal form. On the other hand, larger installations could become energy self-sufficient not only in heating steam but also in electricity.

Simplicity

The two technologies developed by CIRAD have primarily been chosen for their easy implementation. The main concern was to avoid the two types of snag encountered with wet processes: low efficiency in the absence of powerful technical facilities (crushing, pressing, centrifugal separation, etc.), or excessive sophistication of the technologies involved. The virtually "congenital" weaknesses of these technologies explain why none of them has been truly developed to date, although they have long been acknowledged to be of interest for total valorization of coconut through high quality products.

Other solutions therefore had to be found that maintained all the advantages of the wet process (speed, quality), whilst not introducing any disadvantages (low output, over-technical). H.O.I.D., which is already widely used for small-scale units in Southeast Asia, combined rapidity with output, but operating conditions needed to be optimized, to guarantee perfect product quality. Another process widely used throughout the world is coconut milk extraction by coconut meat grating and dilution in water, but most of the oil and proteins contained in the meat are not recovered, unless powerful mechanical means are employed. Using the activity of certain endogenous enzymes in a maceration stage considerably increases extraction output. If this simple procedure were to be adopted by small-scale producers, it would greatly increase the efficiency and profitability of their extraction units, which would be substantial progress in itself. The process could also be used on an industrial scale, leading to a reduction in mechanical power requirements and the possibility of using less sophisticated (and cheaper) separation techniques.

Transférabilité

Les deux technologies de transformation décrites peuvent être appliquées à tous niveaux de capacité, et seront donc exploitées, à terme, aussi bien en conditions artisanales que dans un contexte industriel. Cependant, la diffusion de ces procédés de transformation devrait d'abord intéresser les petites capacités, l'étude et la mise au point de chaînes de type industriel étant loin d'être achevées. Par ailleurs, bien que faisant appel à des technologies assez simples, les deux procédés ne présentent pas la même aptitude à un transfert généralisé, du fait de vocations différentes.

- Extraction après séchage-friture

Exploité en discontinu (traitement par lots), ce procédé devrait pouvoir être diffusé très rapidement auprès d'utilisateurs travaillant à petite ou moyenne capacité. En effet, au niveau élémentaire les cinétiques de transfert de chaleur et de matière sont maintenant bien connues. Il devient donc possible de spécifier les équipements opérationnels de base. Dans le cas d'une capacité de traitement supérieure, l'on pourrait opter pour une multiplication du nombre des cuves de séchage, ce qui permettrait de pouvoir se rapprocher ainsi d'un fonctionnement en continu (continu-discontinu).

Pour les plus grandes capacités d'extraction, seule une chaîne de transformation continue peut être raisonnablement envisagée. Des équipements de ce genre sont exploités depuis longtemps en industrie alimentaire, et leurs fabricants estiment relativement aisée leur adaptation au cas de l'amande de coco.

- Extraction assistée par les enzymes

Le procédé est immédiatement transférable aux petites unités artisanales, qui ont utilisé de tout temps la voie humide pour produire du lait ou de l'huile de coco (huile "klentik") (Bourgoing, 1991). La diffusion ne nécessite qu'une formation des opérateurs, qui doit être centrée sur une description simple et pragmatique des conditions optimales de mise en oeuvre (fragmentation de l'amande, dilution dans l'eau, agitation, pressage).

Il serait, en revanche, prématuré d'envisager une application prochaine de cette technologie au niveau industriel, ou même semi-industriel. En effet, si la première étape d'extraction du lait de coco semble aujourd'hui bien maîtrisée, tout reste encore à faire en ce qui concerne la suite de la transformation. En particulier, il conviendrait d'étudier de façon approfondie les paramètres intervenant dans la stabilité du système huile/eau du lait de coco pour pouvoir déterminer ensuite des techniques appropriées de déphasage⁽¹⁾.

CONCLUSION

Les nouvelles technologies proposées par le CIRAD pour la transformation de la noix de coco ont fait l'objet de travaux approfondis au cours des deux dernières années. En ce qui concerne le séchage-friture, le programme est désormais suffisamment avancé pour que l'on puisse spécifier une unité pilote de petite capacité permettant de valider le procédé sur un terrain réel. Il devrait en être de même pour l'extraction assistée par les enzymes, dont l'étude doit maintenant être complétée par un certain nombre de tests pratiques.

Le passage au stade pilote est indispensable au développement des deux technologies d'extraction mais ne peut être réalisé valablement sur le site métropolitain du CIRAD. L'expérimentation doit être menée sur des terrains réels proches des zones de culture. La mise en oeuvre de cette seconde phase expérimentale sera réalisée en collaboration

(1) les connaissances acquises à cette occasion seront également très utiles en production de lait et crème de coco, pour lesquels on recherche la meilleure stabilité possible.

Suitability for transfer

The two processing technologies described could be applied at all capacity levels and will therefore eventually be used in both a small-scale unit and industrial context. Nevertheless, these processes should be transferred first of all to small-scale units, as the study and development of industrial type lines are far from complete. Moreover, although the technologies involved are quite simple, the two processes do not have the same potential for generalized transfer, due to different vocations

- Extraction after H.O.I.D.

A batch process, which should be very rapidly transferable to users working on a small to medium scale. In fact, at the basic level, heat transfer kinetics are now understood, and it is now becoming possible to define basic operational equipment. For a larger processing capacity, multiplying the number of drying pans could be one option, which would enable a move to continuous operation (continuous-batch).

For the largest extraction capacities, only a continuous processing line can be reasonably envisaged. This type of equipment has already been used for a long time in the food industry and its manufacturers feel that it would be relatively easy to adapt it to coconut meat.

- Enzyme-assisted extraction

The process is immediately transferable to small-scale units, which have always used the wet process to produce coconut milk or oil, still called "klentik oil" (Bourgoing, 1991). Transfer merely requires operator training, which should be centred on a simple and practical explanation of the optimum conditions for use (meat broken into pieces, dilution in water, stirring, pressing).

However, it would be somewhat premature to consider applying this technology on an industrial or even semi-industrial scale in the near future. Although the first stage of coconut milk extraction now seems to have been satisfactorily mastered, everything remains to be done as far as subsequent processing is concerned. In particular, an in-depth study is needed of the parameters involved in coconut milk oil/water system stability, so as to then determine appropriate phase separation techniques⁽¹⁾.

CONCLUSION

The new coconut processing technologies proposed by CIRAD have been studied in depth over the last two years. The H.O.I.D. programme is now advanced enough for a small-scale pilot unit to be set up to test the process in the true context. This should also be the case for enzyme-assisted extraction, for which the study needs to be completed by a certain number of practical tests.

A shift to the pilot stage is essential for the development of both these extraction technologies, but this cannot realistically be done at CIRAD's site in France. Experiments need to be conducted in the field near the growing zones. The second experimental phase will be implemented in conjunction with those involved in the coconut processing sector. Several of CIRAD's traditional partners have

(1) The knowledge acquired in this way will also be very useful for coconut milk and cream production, for which quite the opposite is sought - the greatest possible stability

avec des intervenants de la filière de transformation de la noix de coco. Plusieurs partenaires traditionnels du CIRAD ont déjà manifesté leur souhait de coopérer à la mise au point de ces technologies, mais toute nouvelle proposition en ce sens sera *a priori* bienvenue. Il devient en effet urgent de restaurer la rentabilité de la filière cocotier, et toutes les initiatives allant dans ce sens doivent être encouragées.

already expressed the wish to cooperate on perfecting these technologies, but any new proposals along these lines will be welcome. Indeed, restoring the profitability of the coconut sector is becoming an urgent matter and any initiatives working towards this goal should be encouraged.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] BECKERICH I. (1993). — Le procédé de séchage-friture-Application à la noix de coco. Document CIRAD, ref. CP-27, 66 pages + annexes
- [2] BERTRAND F. (1994). — Thèse doctorat présentée devant l'Université de Marseille. A paraître
- [3] BOURGOING R. (1991). — Le cocotier-Un manuel technique illustré pour les planteurs. IRHO-CIRAD éd., 301 pages
- [4] BOUTIN D. (1990). — Huileries de coco villageoises-Utilisation de l'amande fraîche. *Oléagineux*, 45 (7), 327-331
- [5] DE TAFFIN G., NOEL J.M. et RIBIER V. (1993). — Rapport de mission Vanuatu- Evaluation du secteur cocotier (22/01-15/02/1993) Document CIRAD, ref. CP-33, 91 pages + annexes
- [6] Mac GLONE O.C., LOPEZ-MUNGUIA CANALES A. et CARTER J.V. (1986). — Coconut oil extraction by a new enzymatic process. *Journal of Food Science*, 51 (3), 695-697
- [7] RANAIVOARISON L.H. (1993). — Application du procédé de friture au séchage de l'amande de noix de coco. Mémoire de DEA présenté à l'E.N.S.I.A. Massy (Paris), 36 pages + annexes
- [8] SANOGO M. (1989). — Valorisation de l'huile de coco à petite échelle. Contribution à la mise au point d'un procédé semi-mécamsé par voie humide. Mémoire de fin d'études présenté à l'E.S.I.T.P.A., 84 pages + annexes
- [9] VAITILINGOM G. (1994). — Les biocarburants Ed du G.L.E.S.I.A., Paris, 61 pages

RESUMEN

¿Cuales tecnologías puede el CIRAD proponer para dinamizar nuevamente las ramificaciones cocotero?

A. ROUZIÈRE, *Oléagineux*, 1994, 49, N°3, p. 115-124

Recientemente el CIRAD-CP fue inducido a preconizar una nueva orientación de los objetivos de las ramificaciones cocotero de varios países productores. Esta estrategia se basa esencialmente en una diversificación incrementada y el hecho de que se echa más cuenta de los mercados locales, lo que implica que se desarrollen pequeñas y medianas unidades de transformación en los sitios de producción. La implantación de tales unidades precisa poder disponer de tecnologías que se puedan explotar eficazmente en tales contextos y permitir la obtención de productos de calidad. Enfocando las cosas de esta manera, un equipo pluridisciplinario del CIRAD ha emprendido estudiar dos procedimientos que compete de las vías húmedas o semihúmedas: la extracción después de secado fritura, y la extracción asistida por enzimas. Se describen detalladamente las tecnologías desarrolladas, y es objeto de una discusión su adecuación con los objetivos asignados.

Palabras claves. — Rama, tecnología, extracción, vía húmeda