

Etude du séchage de la pulpe de safou; résultats préliminaires

T. Silou*, J. Goma Maniongui**, P. Boungou*, J.M. Ouamba*

Keywords: *Dacryodes edulis* — *Burseraceae* — Oil — Drying.

Résumé

Le safou, fruit de Dacryodes edulis est de consommation courante dans le Golfe de Guinée. Il fait l'objet d'un marché important dans des pays comme le Cameroun, le Congo, le Gabon, le Zaïre.

C'est un fruit très fragile, et les pertes post-récoltes s'élèvent à plus de 50% dans certaines régions du Congo.

Le séchage solaire est la seule méthode maîtrisée par les populations pour sa conservation, mais le produit obtenu est de qualité hygiénique souvent douteuse.

Afin d'apprécier l'incidence des conditions de séchage sur la qualité du produit et en vue d'améliorer les performances du procédé traditionnel, nous avons examiné la variation de l'eau résiduelle dans la pulpe d'une part et celle de l'indice d'acide et la couleur de l'huile d'autre part.

Le séchage à l'étuve (entre 70 et 90°C) et au séchoir solaire direct conduit à des produits identiques malgré de légères différences observées dans le processus de la déshydratation.

Le produit obtenu est de qualité satisfaisante: teneur en eau inférieure à 10%, indice d'acide généralement inférieur à 4, densité optique de l'ordre de 0,3 à 400 nm dans du cyclohexane à 25 g/l.

Ce produit peut être directement consommé après réhydratation ou utilisé comme matière première dans le procédé d'extraction d'huile à partir de la pulpe.

Summary

The consumption of safou, the fruit of Dacryodes edulis is very common in the entire Gulf of Guinea and is subject to a large trade in countries such as Cameroon, Congo, Gabon and Zaire.

The fruit is very fragile with a post harvest loss of more than 50% in the Congo.

Solar drying is the only conservation method well managed by the local population but the resulting products have dubious hygienic quality.

In order to appreciate the effect of drying on the product quality and in order to improve the traditional processes we have studied both the variation of residual water in the pulp and the acid index and the color of the oil.

Drying with a stove (between 70 to 90°C) and the solar drying give identical products in spite of some small differences in the dehydration mechanism.

The resulting products have satisfying qualities: less than 1% water content, acid index less than 4, optical density around 0,3 at 400 nm in 25 g/l cyclohexane.

The product can be directly eaten after rehydration or re-used as raw material for the extraction of oil from pulp.

Introduction

Le safou, fruit de *Dacryodes edulis* est très largement consommé dans le Golfe de Guinée en général, au Cameroun, au Congo, au Gabon et au Zaïre, en particulier où il fait l'objet d'un commerce intense qui tend à s'internationaliser dans la sous-région Afrique Centrale.

Cette spéculation est curieusement très peu connue, et les quelques rares informations disponibles se rapportent soit à la culture (20) et à la biologie (10) de la plante soit à l'étude physico-chimique du fruit (13,17,18,24,25,27,28).

Traditionnellement consommée après cuisson, la pulpe du safou s'est avérée être une source importante d'huile atteignant parfois des teneurs de l'ordre de 70% par rapport à la matière sèche.

Depuis quelques années nous consacrons nos travaux à la mise au point d'une technologie simple de production d'huile à partir de la pulpe de safou, pour offrir un débouché à la production attendue des efforts intenses déployés au Came-

roun et au Congo dans l'amélioration et la sélection de cette spéculation (7,11).

C'est ainsi, que nous avons suivi la variation des lipides (12) et des triglycérides (2) en fonction de l'état de maturité des fruits afin de définir la meilleure période de récolte, mis au point une méthode réfractométrique de détermination rapide de la teneur en huile des fruits (21) en vue de leur sélection pour l'huilerie, étudié le fractionnement (22) et la décoloration (23) de l'huile.

Et c'est tout naturellement que nous avons été conduit à initier un travail sur le séchage du safou de façon à définir le taux d'humidité minimum techniquement et économiquement rentable pour un procédé d'extraction d'huile et garantissant une qualité acceptable pour l'huile extraite.

Cette dernière étude contribuera également à l'amélioration du procédé traditionnel de séchage de la pulpe de safou, par les informations qu'elle permettra de regrouper notamment celles relatives à l'incidence des techniques de séchage sur la qualité du produit.

* Laboratoire d'Etudes Physico-Chimiques - Faculté des Sciences - Université Marien Ngouabi - BP 69 Brazzaville - Congo

** Laboratoire des Matériaux et des Energies - Faculté des Sciences BP-69 - Brazzaville - Congo.

Reçu le 21 10.90 et accepté pour publication le 02 10 91

Nous présentons dans cet article les résultats scientifiques préliminaires sur le séchage à l'étuve et au séchoir solaire direct suivis d'une évaluation de la qualité du produit obtenu. Le volet technologique (optimisation du séchoir, étude fine des échanges thermodynamiques) qui est en cours d'étude fera l'objet d'une publication ultérieure.

Matériel et méthodes

1. Matériel végétal

Le matériel végétal étudié provient de deux quartiers de Brazzaville: Mpissa et Mfilou.

Pour chaque localité les fruits ont été prélevés sur un même arbre par souci d'homogénéité de l'échantillon. Leurs caractéristiques moyennes sont regroupées dans le tableau 1.

TABEAU 1
Caractéristiques moyennes des safou de Mfilou et de Mpissa

	Mfilou	Mpissa
Longueur (cm)	9.70 ± 0.10	8.10 ± 0.12
Largeur (cm)	7.20 ± 0.05	5.91 ± 0.06
Épaisseur (cm)	0.70 ± 0.02	0.63 ± 0.02
masse fruit (g)	82.40 ± 1.87	46.30 ± 1.07
masse pulpe (g)	65.40 ± 1.54	31.40 ± 0.76
masse graine (g)	16.40 ± 0.62	11.49 ± 0.38

* Chaque échantillon comprend 25 fruits issus d'un même arbre.

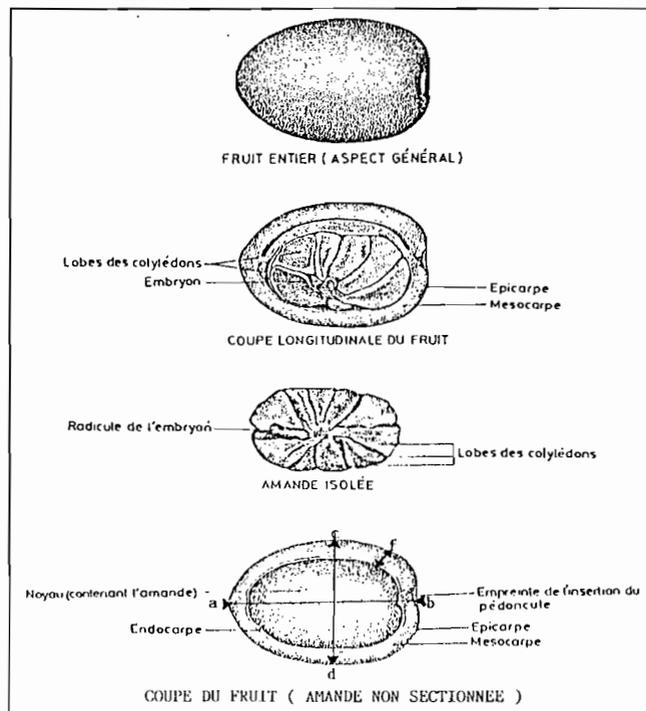


Figure 1 — Fruit du safoutier

En considérant la coupe longitudinale médiane du fruit (figure 1), la longueur représente le grand diamètre ab, la largeur le petit diamètre cd et l'épaisseur la distance qui sépare l'endocarpe de l'épicarpe ef (2).

2. Matériel de séchage

2.1. Etuve

Pour le séchage électrique de la pulpe de safou nous avons utilisé une étuve Jouan de type Memmert.

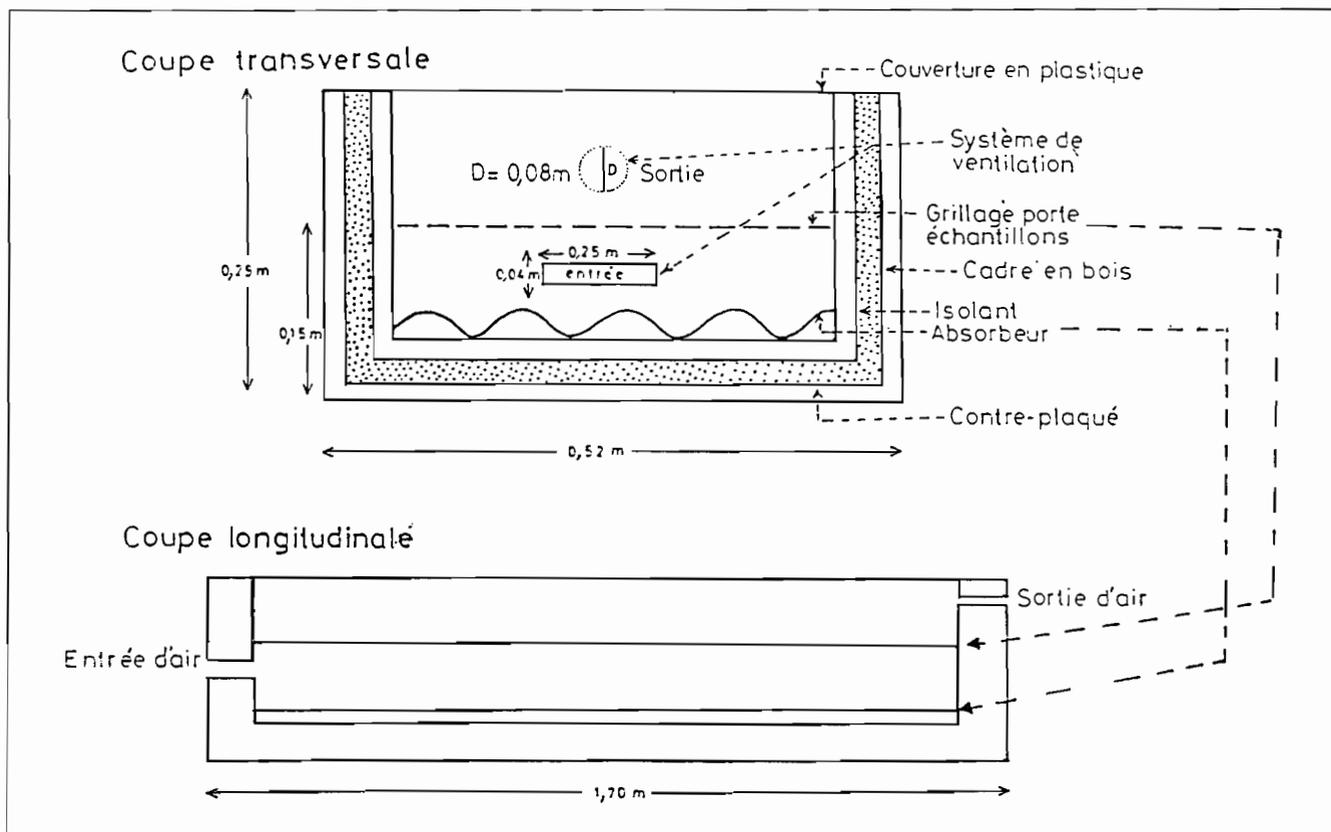


Figure 2 — Coupe transversale et longitudinale du séchoir solaire

2.2. Séchoir solaire

Au lieu de l'expérience (Brazzaville) et à la période d'étude (février-mars) les produits agricoles sont séchés par les paysans par exposition directe au soleil.

Une moyenne des observations faites ces dix dernières années conduisent aux données suivantes (4):

- une température de l'ordre de 26°C,
- une durée d'insolation de 5 h/j,
- une humidité relative de 80%,
- une énergie totale quotidienne variant entre 15,5 et 17 Mégajoules/m²/jour,
- une forte couverture nuageuse conduisant à une proportion de rayonnement diffus supérieur à la moitié du global et un caractère intermittent du rayonnement,
- une vitesse de vent variant entre 0 à 5 m.s⁻¹.

C'est dans ces conditions atmosphériques qu'a été utilisé le séchoir solaire introduit au Congo (semble-t-il par la FAO) pour le séchage des produits agricoles et qui est en cours d'évaluation en vue de son optimisation.

Ce séchoir (figure 2) est constitué d'un caisson rectangulaire de 170 cm de long, 50 cm de large et 30 cm de hauteur. Construit en contre plaqué, il a des parois d'environ 5 cm d'épaisseur recouvertes sur leurs faces internes de papier aluminium qui permet de réfléchir tous les rayons incidents sur les parois vers le produit à sécher ou vers l'absorbeur.

L'absorbeur du séchoir est une tôle ondulée peinte en noir. La couverture de ce séchoir est un film plastique.

A mi-hauteur de la boîte dans le sens de la longueur est placé le porte-échantillon. Ce dernier est constitué d'un grillage à maille fine pouvant coulisser comme un tiroir.

Sur les deux largeurs du caisson ont été aménagées deux ouvertures de circulation d'air pour une ventilation naturelle.

Le séchoir est placé sur une plate-forme relativement élevée. De plus il est orienté de sorte que sa longueur ait la direction Est-Ouest.

Sa position étant fixe, l'énergie incidente varie essentiellement en fonction de la hauteur du soleil dans le ciel et de la couverture nuageuse.

Les plus grandes variations de température sont obtenues entre 10 h et 14 h période de la journée qui correspond aux plus petits angles d'incidence du rayonnement sur le séchoir.

Lorsque le séchoir n'est plus exposé au rayonnement, on observe une chute de température relativement rapide qui montre d'une part que les pertes y sont encore assez importantes et d'autre part que la température dans le séchoir dépend essentiellement du rayonnement direct.

En suivant l'évolution journalière de la température en trois (3) points du séchoir (à l'entrée de l'air, au milieu du séchoir, à la sortie de l'air), nous avons mis en évidence des hétérogénéités, particulièrement dans la variation de la température (figure 3): les variations sont nombreuses, brusques et liées au vent à l'entrée, tandis qu'elles sont faibles et uniquement liées à la variation de la température extérieure aux deux autres points. Par conséquent on doit s'attendre à ce que les échantillons placés en ces deux derniers points reçoivent une énergie plus régulière que les échantillons qui se trouveront près de l'entrée.

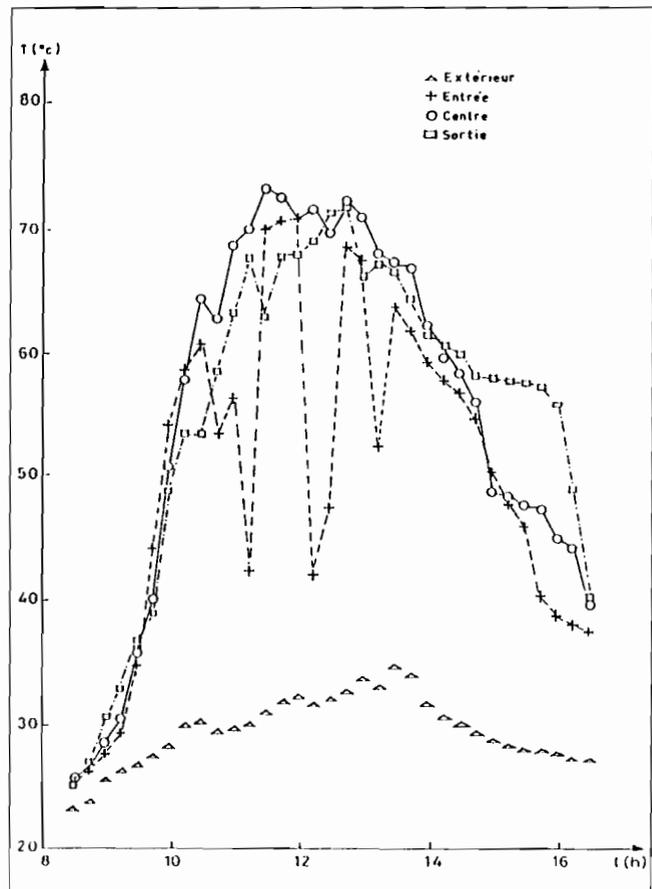


Figure 3 — Variation de la température en trois points du séchoir et à l'extérieur en fonction du temps.

3. Méthodes d'étude

En parcourant la littérature on est frappé par la diversité des grandeurs conventionnelles utilisées pour quantifier la perte en eau d'un produit lors du séchage.

Certains auteurs, qui sont de loin les plus nombreux utilisent des grandeurs relatives exprimées en pourcentage. On pourrait citer dans ce cas Lasseran (14), Minka (15), Tchlenque et Col. (26), Othieno (19), H. Igbeka (9), Bassey et Col. (1) qui utilisent la teneur en eau calculée soit sur la base de la matière humide soit sur la base de la matière sèche. C'est aussi le cas de Dicko (5) qui utilise le rapport du «poids» instantané sur le «poids» initial ou de Lasseran (14) qui distingue la teneur en eau du taux d'humidité.

D'autres auteurs préfèrent des grandeurs absolues directement fournies par l'expérience, vraisemblablement pour des raisons de commodité. Dicko (5), Diouf (6) suivent la variation du «poids» du matériel en fonction du temps alors que Gninivi et Col. (8) étudient la variation de masse individuelle ou globale des échantillons en fonction du temps.

Un troisième groupe d'auteurs examinent une grandeur dérivée qui est la vitesse du séchage (14,26).

Devant cette diversité d'approches méthodologiques, il nous paraît opportun de préciser quelques concepts de base.

Nous empruntons à Multon (16) et Lasseran (14) les défini-

tions sur la teneur en eau et le taux d'humidité.

La teneur en eau ou humidité (H) est le rapport en pourcentage entre la masse d'eau (m_E) et la masse de matière fraîche (m_H).

$$H (\%) = (m_E/m_H) \cdot 100$$

Le taux d'humidité (X) est la teneur en eau rapportée à la matière sèche.

$$X = (m_E/m_S) \cdot 100$$

m_S est la masse de la matière sèche.

X est une grandeur sans dimension.

A la suite de travaux de Lasseran, nous définissons la vitesse de séchage de la manière suivante:

$$v_H = - \frac{dm}{dt} \cdot \frac{1}{m_H} ; v_S = - \frac{dm}{dt} \cdot \frac{1}{m_S}$$

en la rapportant soit à l'unité de matière humide soit à l'unité de matière sèche.

Mais nous nous sommes très vite rendus compte que ces vitesses représentaient mal le phénomène à ses début et fin.

En effet, dans la deuxième moitié du processus v_H est très largement sous-estimée, car elle est ramenée à une masse humide qui est très supérieure à la masse instantanée, tandis que dans la première moitié du processus v_S est surestimée car elle est ramenée à la masse de matière sèche, qui est trop faible par rapport à la masse instantanée.

Nous avons été conduit à définir une vitesse «instantanée» v_i de façon suivante:

Soient m_i , m_j les masses aux temps t_i , t_j avec $i < j$

$$v_i = - (dm/dt) \cdot (1/m) = (m_i - m_j)/(t_j - t_i) \cdot (1/m)$$

Dans la suite de cet article nous désignerons v_i par v tout court, par opposition à v_H et v_S .

4. Procédés de séchage

Pour faciliter le retrait de l'endocarpe de la pulpe de safou d'une part et pour limiter l'altération du produit par les micro-organismes au cours du séchage d'autre part, nous avons fait subir au safou une étape de blanchiment dans une solution de NaCl.

4.1. Séchage à l'étuve

Après retrait de la graine (figure 1) les fruits ouverts (pulpe) sont plongés pendant 2 mn dans une solution de NaCl de concentration déterminée (0%, 10%, 20% ou 25% en NaCl) à 80°C. La pulpe ainsi blanchie est débarrassée de son endocarpe et placée dans une étuve à 70, 80, 90°C, de telle sorte que l'espace contenant la graine soit dirigé vers le haut.

La perte en eau est mesurée à des intervalles de temps bien déterminés.

4.2. Séchage au séchoir solaire

Les demi-fruits (pulpe blanchie à l'aide d'une solution de NaCl de concentration donnée: 0, 10, 20 ou 25%) sont disposés à l'entrée (position 1) au centre (position 2) et à la sortie (position 3) du séchoir.

Ils sont placés de telle sorte que l'espace contenant la graine soit dirigé vers le haut.

La variation de la masse est déterminée 4 fois par jour à 9, 12, 15 et 18h.

5. Caractéristiques physiques et chimiques

5.1. Teneur en eau

Un échantillon de masse m_1 est séché à l'étuve pendant 24 h à 105°C.

On pèse le produit séché après refroidissement.

Soit m_2 sa masse, on détermine la teneur en eau:

$$\text{eau \%} = [(m_1 - m_2)/m_1] \cdot 100$$

5.2. Teneur en huile

La pulpe séchée est broyée (masse m_1). La poudre obtenue est soumise à extraction au soxhlet par l'éther de pétrole pendant 10 heures.

L'extrait séché au sulfate de sodium est filtré. Après évaporation du solvant, l'huile obtenue est séchée pendant 12 heures à l'étuve à 105°C (masse m_2).

Le teneur en huile est donnée par la relation:

$$\text{huile \%} = (m_2/m_1) \cdot 100$$

5.3. Indice d'acide

Une prise d'essai de 2,5 g de matière grasse est dissoute dans 50 ml du mélange éthanol - éther diéthylique (v/v).

La solution obtenue est titrée avec une solution éthanolique d'hydroxyde de potassium (KOH) 0,1 N, en présence de phénolphthaléine.

L'indice d'acide est donné par la formule:

$$I_A = (56,1 \cdot T \cdot V)/m$$

avec:

T = titre exact de la solution de KOH utilisée;

V = volume de la solution titrée de KOH utilisée;

m = masse, en g, de la prise d'essai.

5.4. Détermination spectrophotométrique de la couleur

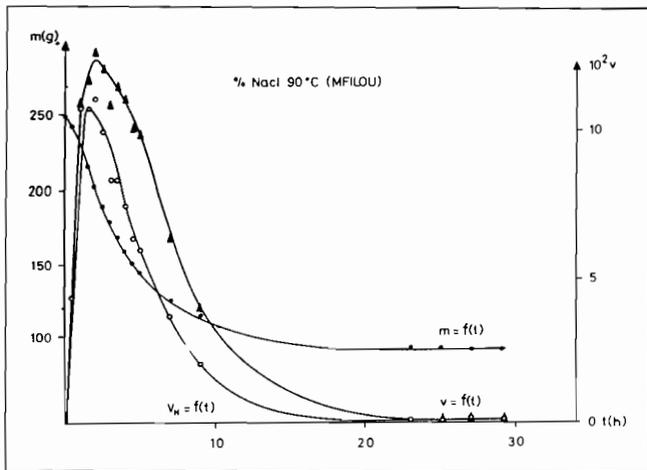
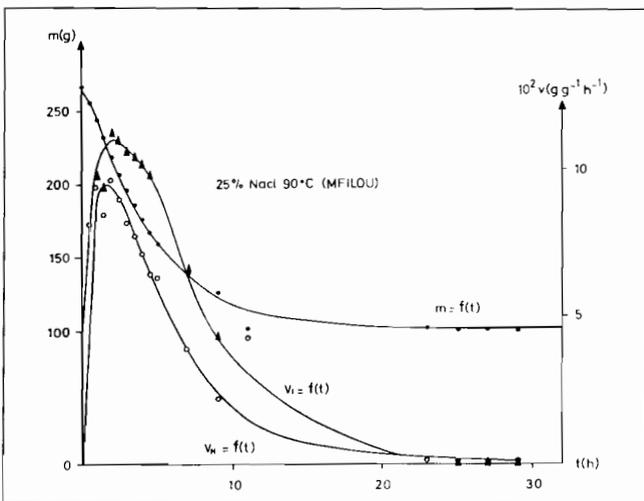
On pèse la quantité nécessaire d'huile, préalablement filtrée, pour préparer une solution de 25g/l dans du cyclohexane. On mesure l'absorption à 400 nm à l'aide d'un spectrophotomètre (Jouan).

Résultats expérimentaux et interprétation

1. Séchage à l'étuve

Nous avons étudié le séchage à l'étuve des échantillons de 2 provenances (Mfilou et Mpissa) suivant différentes conditions de blanchiment (0, 10, 20, 25% NaCl) et à différentes températures (70, 80, 90°C).

A titre d'illustration nous présentons ici les conclusions les plus significatives tirées de l'examen des résultats des échantillons de ces deux provenances:

Figure 4 — Variation de m , V_H et V_i Figure 5 — Variation de m , V_H , V

procédé.

D'où la nécessité d'avoir une représentation aussi proche que possible de la réalité dans cette zone.

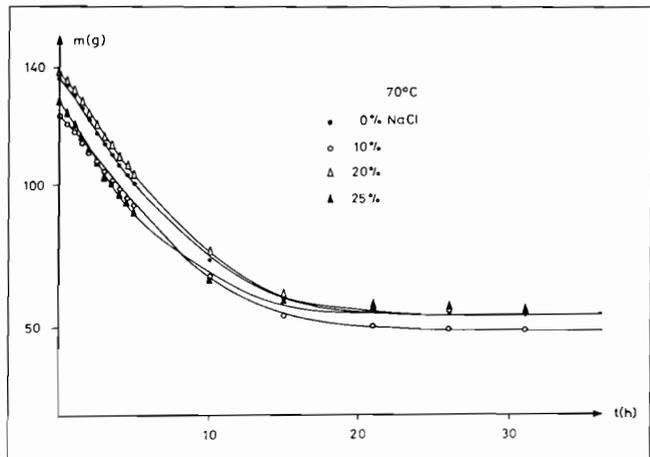


Figure 6 — Influence de concentration en NaCl (Mpissa)

b) Sur la figure 6 on constate que la courbe correspondant à un blanchiment sans NaCl est quasiment parallèle à celle correspondant à 10%, 20% et 25% de NaCl. La présence du NaCl dans la pulpe jusqu'à une concentration de saumure de 25% ne modifie pas de façon significative le phénomène de séchage, contrairement à ce qu'a observé Abdoulaye (23) sur le poisson.

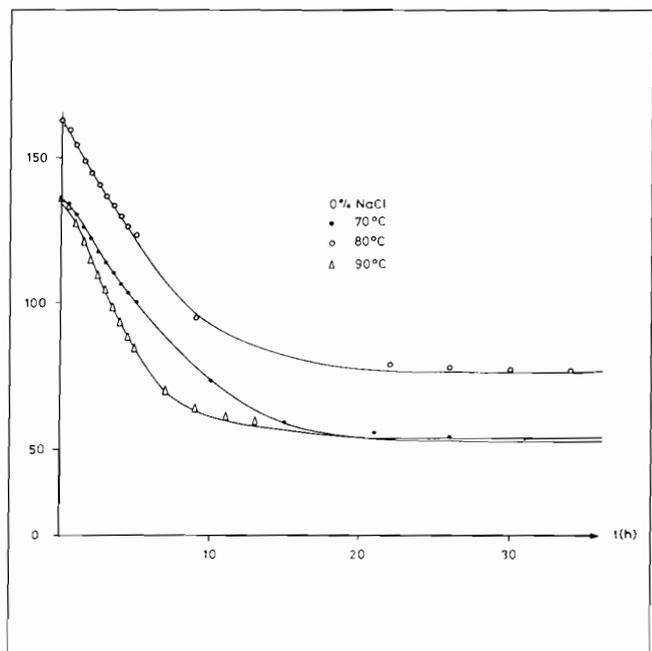


Figure 7 — Influence de la température (Mpissa)

c) La figure 7 illustre l'influence de la température de séchage. Elle confirme l'idée largement répandue selon laquelle plus la température de séchage est élevée plus sa vitesse est importante. Les pentes des courbes se classent dans l'ordre : $90^{\circ}\text{C} > 80^{\circ}\text{C} > 70^{\circ}\text{C}$.

a) L'examen des figures 4 et 5 permet de constater que :

- la décroissance de la masse est régulière car à l'étuve la dessiccation est progressive et non réversible.
- L'allure théorique d'une courbe de séchage est parfaitement observable sur ces courbes avec ses trois zones (23)
 - la mise en température du produit
 - le séchage à allure constante et
 - la phase de ralentissement.
- Les courbes $v_H = f(t)$ et $v = f(t)$ ont une allure régulière et présentent un seul maximum, chacune. Elles mettent en évidence les 3 parties du phénomène :
 - un démarrage extrêmement rapide où la vitesse maximale est atteinte (2h pour une durée totale de 15h),
 - une période de régime optimum (entre 2h et 5h),
 - une décélération relativement lente au cours de laquelle la vitesse tend vers zéro.

Comme on devait s'y attendre, v qui traduit mieux le phénomène s'écarte notablement de v_H dans la deuxième moitié du processus.

Cette partie de la courbe est très importante dans la définition des paramètres d'optimisation du procédé car c'est sur un compromis entre la vitesse de séchage et le niveau de la teneur finale en eau que se détermine la rentabilité du

2. Séchoir solaire

a) Les courbes $m = f(t)$ des échantillons de Mfilou (figure 8) illustrent bien la séquence journalière du phénomène.

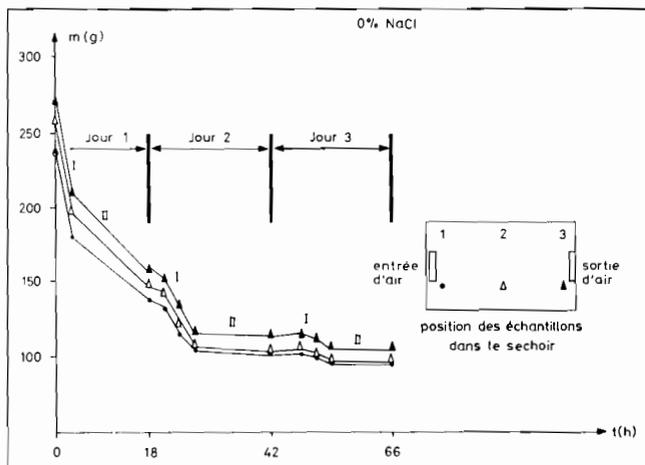


Figure 8 — Séchage solaire du safou (Mfilou)

Compte tenu du fait que l'essentiel du séchage est dû au rayonnement direct, la vitesse du séchage varie, par ciel clair, avec le mouvement du soleil.

On observe entre la journée (I) et la nuit (II) une rupture de pente sur les courbes de séchage ; on tend vers une pente nulle à la fin du phénomène.

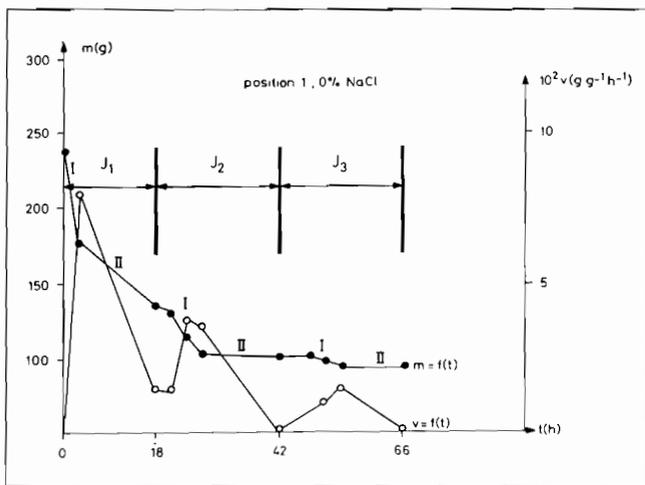


Figure 9 — Séchage solaire du safou (Mfilou)

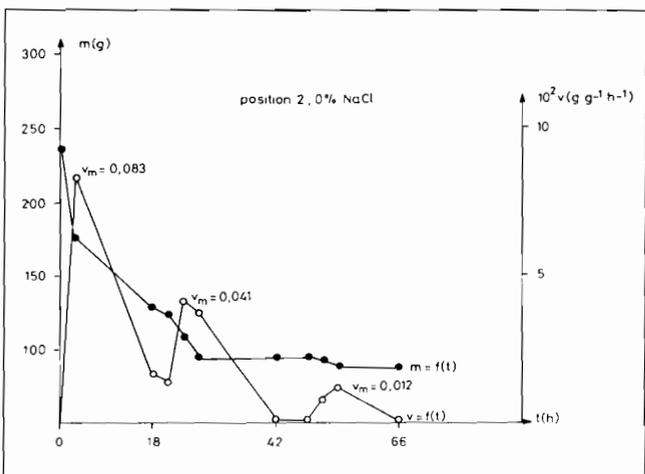


Figure 10 — Séchage solaire du safou (Mfilou)

Une analyse plus fine, impliquant, également les courbes $v = f(t)$, (figure 9) montre que le phénomène se déroule avec une vitesse maximale la journée, et minimale la nuit (dans la séquence journalière considérée) et que par ailleurs, la vitesse maximale au cours d'une journée est toujours supérieure à celle de la journée suivante (amortissement progressif du phénomène).

La vitesse maximale de séchage $v = (m_i - m_{i+1}) \cdot (t_i - t_{i+1})^{-1} \cdot m_i^{-1}$ est de l'ordre de $0,080 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ le premier jour. Du premier au deuxième jour elle est divisée par 2 alors que du deuxième au troisième jour elle est divisée par 4. (Tableau 2).

TABLEAU 2

Variation des maxima journaliers de la vitesse de séchage ($\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) au séchoir solaire (Mfilou).

Conditions		Jour 1	Jour 2	Jour 3
NaCl (%)	Position			
10%	1	0,080	0,038	0,015
	2	0,079	0,040	0,013
	3	0,073	0,040	0,014
20%	1	0,080	0,043	0,016
	2	0,083	0,040	0,010
	3	0,080	0,042	0,012

Nous avons en définitive un mouvement périodique de 24 heures qui s'amortit progressivement.

Cette caractéristique essentielle du séchage solaire devrait être prise en compte dans l'interprétation de la différence qui pourrait être éventuellement observée entre les produits séchés à l'étuve et ceux obtenus par séchage solaire et dans l'optimisation ultérieure du matériel de séchage solaire.

b) La position de l'échantillon dans le séchoir, la concentration de NaCl de l'eau de blanchiment, n'ont aucune influence significative sur les différents paramètres du séchage (vitesse, durée, nature des courbes etc...).

c) L'étude de l'échantillon de Mpissa conduit aux mêmes conclusions.

3. Incidence des conditions de séchage sur la qualité du produit fini

Nous avons retenu trois (3) critères d'appréciation de la qualité du produit : la teneur en eau du produit sec d'une part, l'indice d'acide et la couleur de l'huile extraite d'autre part.

3.1. Teneur en eau

La teneur résiduelle en eau détermine, pour l'essentiel, l'évolution du produit pendant sa conservation.

Le tableau 3 indique que la teneur en eau du produit final varie dans une fourchette, assez faible et ne dépend pas du procédé de séchage.

C'est ainsi que l'échantillon de Mpissa à une teneur résiduelle en eau comprise entre 2 et 4% au séchoir solaire et entre 3 et 7% à l'étuve, alors que celui de Mfilou a sa teneur en eau qui varie de 4 à 9% au séchoir solaire et entre 7 à 8% à l'étuve.

On peut retenir de cette étude que si l'élévation de la température de séchage accélère la vitesse de séchage elle n'améliore pas la teneur résiduelle en eau. Tout porte à croire que la masse de pulpe humide semble déterminer cette teneur.

TABLEAU 3
Teneur résiduelle en eau des fruits séchés.

Conditions		Teneur en eau (%)	
Etuve		Mfilou	Mpissa
70°C	20% NaCl	7.3	4.0
80°C	20% NaCl	8.2	3.3
90°C	20% NaCl	/	7.0
90°C	10% NaCl	6.8	/
Séchoir solaire		Mfilou	Mpissa
position 1	0% NaCl	4.6	3.3
position 2	0% NaCl	6.0	2.0
position 3	0% NaCl	4.0	4.0
position 1	20% NaCl	9.0	/
position 2	20% NaCl	6.0	/
position 3	20% NaCl	7.0	/

En effet, avec une masse moyenne de pulpe de 65,4g le fruit de Mfilou a une teneur résiduelle en eau de l'ordre de 7% alors que le fruit de Mpissa qui a en moyenne une pulpe de 31,5g a une teneur résiduelle en eau de l'ordre de 4% et ceci indépendamment du procédé de séchage utilisé.

3.2. Indice d'acide

L'indice d'acide rend compte de la quantité d'acide gras libre dans l'huile. Ces acides gras peuvent exister à l'état naturel dans l'huile ou rendre compte d'une altération possible de l'huile lorsque cet indice d'acide reste généralement faible. Il varie entre 1,5 et 2,8 pour l'échantillon de Mfilou et entre 1,4 et 3,6 pour l'échantillon de Mpissa après un séchage des fruits à l'étuve. (Tableau 4).

TABLEAU 4

Indices d'acide des huiles de la pulpe de safou extraites des fruits séchés à l'étuve et au séchoir solaire.

CONDITIONS		Indices d'acide	
Etuve		Mfilou	Mpissa
70°C	0% NaCl	1.60	/
70°C	10% NaCl	1.80	3.58
70°C	20% NaCl	1.40	1.91
70°C	25% NaCl	2.02	1.65
80°C	0% NaCl	2.29	1.54
80°C	10% NaCl	1.70	1.36
80°C	20% NaCl	2.59	1.49
80°C	25% NaCl	1.90	1.72
90°C	0% NaCl	2.18	1.56
90°C	10% NaCl	2.38	1.33
90°C	20% NaCl	2.86	3.34
90°C	25% NaCl	2.07	1.34
séchoir solaire		Mfilou	Mpissa
position 1	0% NaCl	3.62	3.42
position 2	0% NaCl	3.09	3.68
position 3	0% NaCl	2.72	/
position 1	20% NaCl	2.80	2.65
position 2	20% NaCl	3.42	3.16
position 3	20% NaCl	2.67	4.80

La valeur est légèrement supérieure pour les fruits séchés au séchoir solaire. Elle se situe autour de 3 pour l'échantillon de Mfilou et varie entre 3 et 5 pour l'échantillon de Mpissa (Tableau 4).

On pourrait penser que les enzymes qui hydrolysent les triglycérides sont désactivées plus vite à l'étuve qu'au séchoir solaire ; mais les différences sont trop faibles pour être significatives.

Ici encore, il est plus prudent de conclure à une quasi-similitude des résultats pour les 2 méthodes de séchage.

3.3. Couleur de l'huile

Les valeurs de la densité optique à 400 nm de solutions d'huile de 25g/l dans le cyclohexane indiquent pour ce dernier critère une quasi-similitude de comportement. La densité optique est de l'ordre de 0,2 à l'étuve alors qu'elle est de l'ordre de 0,3 au séchoir solaire (Tableau 5).

TABLEAU 5

Evaluation spectrométrique de la couleur des huiles de la pulpe de safou (Mfilou)

Conditions		Densité optique
70°C	0% NaCl	0.18
70°C	20% NaCl	0.19
80°C	0% NaCl	0.16
80°C	20% NaCl	0.24
90°C	0% NaCl	0.25
90°C	20% NaCl	0.27
position 1	0% NaCl	0.31
position 2	0% NaCl	0.34
position 3	0% NaCl	0.32
position 1	20% NaCl	0.43
position 2	20% NaCl	0.45
position 3	20% NaCl	0.37

4. Conclusion

Le séchage à l'étuve de la pulpe de safou préalablement blanchie avec saumure de NaCl (0-25%), conduit à un produit de bonne qualité au regard des indicateurs tels que la teneur en eau de la pulpe, l'acidité et la couleur de l'huile.

L'utilisation d'un séchoir solaire directe dans les mêmes conditions conduit aux mêmes résultats, dans la gamme des températures comprises entre 70 et 90°C.

Elle constitue de ce fait une amélioration de la technique traditionnelle de séchage en plein air et parfois à même le sol qui conduit à un produit charançonné et infesté de microorganismes divers.

Elle permet en outre de préparer une pulpe séchée de bonne qualité utilisable dans le procédé artisanal et/ou industriel d'extraction d'huile qui est en cours d'optimisation.

Références bibliographiques

1. Basse W.M., Witfield M.J.C.C., Korama Y., 1987. Problèmes et solutions relatifs au séchage solaire des récoltes par convection naturelle. Compte rendu du colloque sur le séchoir solaire en Afrique. Dakar 21-24/7/86. Editions CRDI Ottawa. p. 221.
2. Bezard J., Silou Th., Sempore G., Kiakouama S., 1991. Variation de la composition de la fraction glycéridique de l'huile de la pulpe du fruit. Rev. Fr. Corps gras **38**, 21
3. Coulybaly A., 1986. Expérimentation d'un séchoir solaire. Application aux produits de la mer dans l'océan Indien, Edition ACCT, Paris.
4. Desgrolard D., Nganga D., Pannetier M., 1984. Utilisation directe de l'énergie solaire au Congo : Réalisations et perspectives, Sciences et Technologies, **3**, 8.
5. Dicko M., 1987. Le séchage solaire au Mali. Compte rendu du colloque sur le séchoir solaire en Afrique. Dakar 21-24/7/86. Editions CRDI Ottawa. p. 81
6. Diouf N., 1987. La technologie appropriée au séchage solaire du poisson dans les centres de pêche artisanale. Compte rendu du colloque sur le séchoir solaire en Afrique. Dakar 21-24/7/86. Editions CRDI Ottawa. p. 173.
7. Direction générale de la recherche scientifique et technique. République du Congo 1990. Programme National Safou. Document interne.
8. Gnininvi M., Amouzou K., Kerim B., 1987. Problèmes de séchage solaire au Togo. Compte rendu du colloque sur le séchoir solaire en Afrique. Dakar 21-24/7/86. Editions CRDI Ottawa. p. 268.
9. Igbeka J.C., 1987. Evaluation de trois types de séchoirs solaires de récolte au Nigéria. Compte rendu du colloque sur le séchoir solaire en Afrique. Dakar 21-24/7/86. Editions CRDI Ottawa. p. 173.
10. Kengue J., 1990. Le safoutier. Premières données sur la morphogénèse et la biologie d'une burseracée fruitière et oléifère africaine. Thèse de Doctorat, Université du Cameroun.
11. Kengue J. Nya Ngatchou J., 1989. Projet de recherche sur la multiplication végétative du safoutier. Document interne.
12. Kiakouama S., Silou Th., 1990. Evolution des lipides de la pulpe (*Dacryodes edulis*) en fonction de l'état de maturité du fruit. Fruits **45** (5) 403.
13. Laroussilhe (de) F., Schwob R., Wolf J.P., 1964. Le safou, source de matière grasse. 1er Congrès international des Industries agricoles et alimentaires des zones tropicales et subtropicales. Abidjan 14-19 Décembre.
14. Lasseran J.C., 1982. Le séchage des graines : principe, appareillage, économie d'énergie et sécurité incendie ; in : Conservation et stockage des grains, graines et produits dérivés, **vol. 2** p. 632. Editions Lavoisier Paris, Collection Technique et documentation.
15. Minka C.J., 1987. Possibilité d'amélioration des séchoirs solaires traditionnels de récolte au Cameroun. Recherche et Développement. Compte rendu du Colloque sur le séchoir solaire en Afrique tenu à Dakar du 21-24/7/86. Editions CRDI Ottawa. p. 13.
16. Multon J.L., 1982. Les mécanismes d'altération des graines et des grains dans l'écosystème post-récolte, les pertes qui en résultent et les stratégies de défense des stocks in : conservation et stockage des grains et des graines et produits dérivés. **vol. 1**, p. 115. Edition Lavoisier Paris, Collection Technique et documentation.
17. Ndamba J.P., 1989. Analyse bromatologique du tourteau de safou en vue de son utilisation en alimentation animale. Thèse de Doctorat EISMV Dakar.
18. Omoti U., Okyi P.A., 1987. Characterisation and composition of the pulp oil and Cake of the African pear. *Dacryodes edulis*. J.Sci. Food. Agri. **38**, 67
19. Othieno, 1987, H. Circulation de l'air dans les séchoirs solaires à convection naturelle. Compte rendu du colloque sur le séchoir solaire en Afrique. Dakar 21-24/7/86. Editions CRDI Ottawa. p. 52.
20. Philippe J., 1957. Essai de reproduction végétative du safou. Bull. Inf. INEAC **VI**, (5), 319.
21. Silou Th., 1991. Détermination de la teneur en huile de la pulpe de safou (*Dacryodes edulis*) par réfractométrie. Fruits, **46** (1), 93.
22. Silou Th., 1991. Note sur la composition en acides gras et en triglycérides de l'huile de safou en relation avec la solidification partielle de cette huile. Fruits, **46** (à paraître).
23. Silou Th., Moussata C.O., 1991. Essai de décoloration thermique de l'huile de la pulpe de safou. Rev. Fr. Corps gras, accepté pour publication.
24. Soulier B., 1987. Contribution à l'étude des huiles de la pulpe et de la graine de safou. DEA, Université de Toulouse.
25. Tchendji C., Severin M., Wathelet J.P., De Dona C., 1981. Composition des graisses de *Dacryodes edulis*. Rev. Fr. des corps gras, **3**, 123.
26. Tchiengue E., Kaptoum E., 1987. Influence des facteurs technologiques sur la vitesse de déshydratation des légumes à l'aide de l'énergie thermique solaire. Compte rendu du colloque sur le séchoir solaire en Afrique. Dakar 21-24/7/86. Editions CRDI Ottawa. p. 26.
27. Ucciani E., Busson, F., 1963. Contribution à l'étude des corps gras de *Pachylobus edulis* Oléagineux, **18**, 253.
28. Youmbi E., Clair-Maczulajtus D., Bory G., 1989. Variation de la composition chimique des fruits de *Dacryodes edulis*. Fruits **44** (3), 149.

T. Silou, Congolais, Dr. es sciences, Professeur, Faculté des Sciences, Université Marien Ngouabi, Congo

J. Goma Maniongui, Congolais, Dr. es sciences, Professeur, Faculté des Sciences, Université Marien Ngouabi, Congo

P. Boungou, Congolais, Ingénieur, Etudiant à l'Université Marien Ngouabi, Congo

J.M. Ouamba, Congolais, Dr. es sciences, Professeur, Faculté des Sciences Université Marien Ngouabi Congo