

4655
**ARCHIV
BASSEY
74655**

IDRC-255f

Le séchage solaire en Afrique

Compte rendu du colloque
tenu à Dakar, Sénégal,
du 21 au 24 juillet 1986

Actes



Le Centre de recherches pour le développement international, société publique créée en 1970 par une loi du Parlement canadien, a pour mission d'appuyer des recherches visant à adapter la science et la technologie aux besoins des pays en voie de développement; il concentre son activité dans six secteurs : agriculture, alimentation et nutrition; information; santé; sciences sociales; génie et sciences de la terre; et communications. Le CRDI est financé entièrement par le Parlement canadien, mais c'est un Conseil des gouverneurs international qui en détermine l'orientation et les politiques. Établi à Ottawa (Canada), il a des bureaux régionaux en Afrique, en Asie, en Amérique latine et au Moyen-Orient.

74655

IDRC-255f

Le séchage solaire en Afrique

Compte rendu du colloque
tenu à Dakar, Sénégal,
du 21 au 24 juillet 1986

Rédacteurs : Michael W. Bassey et O.G. Schmidt



ARCHIV
BASSEY
no. 7 F

© Centre de recherches pour le développement international 1987
Adresse postale : C.P. 8500, Ottawa (Ontario) Canada K1G 3H9

Bassey, M.W.
Schmidt, O.G.

CRDI, Ottawa CA

IDRC-255f

Le séchage solaire en Afrique : compte rendu du colloque tenu à
Dakar, Sénégal, du 21 au 24 juillet 1986. CRDI, Ottawa, Ont., 1987.
ix + 306 p. : ill.

/Séchage/, /cultures agricoles/, /énergie solaire/, /recherche/,
/Afrique/ -- /aspects économiques/, /aspects sociaux/, /mise à
l'épreuve/, /besoins de recherche/, /rapports de réunion/, /listes de
participants/.

CDU : 631.362.621.47 (6)

ISBN : 0-88936-491-5

Révision : Jean-Daniel Dupont et G.C.R. Croome

Édition microfiche offerte sur demande.

This publication is also available in English.

Les opinions émises dans cet ouvrage n'engagent que la responsabilité
des auteurs. La mention d'une marque déposée ne constitue pas une
sanction du produit; elle ne sert qu'à informer le lecteur.

RÉSUMÉ / ABSTRACT / RESUMEN

Résumé -- Voici le compte rendu d'un colloque sur le séchage solaire en Afrique auquel participaient 24 personnes effectuant des travaux de recherche propres à ce continent. Au nombre des communications, 17 décrivent les activités de recherche sur les aspects socio-économiques, la conception et l'essai des séchoirs solaires, ainsi que les besoins futurs de recherche. En outre, le lecteur trouvera un résumé des discussions sur l'état de la recherche sur le séchage solaire en Afrique, notamment les progrès réalisés et les activités de recherche coopératives nécessaires pour surmonter les problèmes techniques et socio-économiques qui entravent la mise au point et la diffusion de séchoirs solaires améliorés.

Abstract -- This book presents the proceedings of a workshop on solar drying in Africa attended by 24 participants involved with solar drying research relevant to the continent. Of the papers, 17 describe research activities on socioeconomic aspects, design and testing of solar dryers, and future research needs. In addition, a summary of the discussions held during the workshop to assess the state of the art of solar drying research in Africa are outlined, focusing on progress made and on possible research and collaborative activities that are needed to overcome the technical and socioeconomic problems that limit the development and introduction of improved solar dryers.

Resumen -- Este libro contiene los trabajos presentados en un seminario sobre secamiento solar en Africa, al cual asistieron 24 participantes del área de investigación en secamiento solar referida a este continente. Diez y siete de los trabajos versan sobre actividades de investigación en aspectos socioeconómicos, diseño y prueba de secadores solares y necesidades futuras de investigación. Se describe además la discusión sostenida durante el seminario para sopesar el estado de la investigación en secamiento solar en Africa, discusión que se centró en los progresos realizados y en las posibilidades de investigación y acciones colaborativas necesarias para superar los problemas técnicos y socioeconómicos que obstaculizan el desarrollo y la introducción de secadores solares mejorados.

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos	vii
Remerciements	ix
Introduction	1
Discussion et recommandations	7
Possibilités d'améliorations des séchoirs solaires traditionnels de récoltes au Cameroun : Recherche et développement Charles J. Minka	13
Influence de facteurs technologiques sur la vitesse de la déshydratation des légumes à l'aide de l'énergie thermique solaire Emmanuel Tchiengue et Ernest Kaptoum	26
Aperçu du séchage solaire du poisson en Gambie A.E. N'Jai	38
Circulation de l'air dans les séchoirs solaires à convection naturelle Herick Othieno	52
Recherche sur l'énergie solaire appliquée au séchage des récoltes au Kenya F.B. Sebbowa	65
Le séchage solaire au Mali Modibo Dicko	81
Possibilités et études de rendement des séchoirs solaires de récoltes à l'Île Maurice Y.K.L. Yu Wai Man	99
Conception et essais de séchoirs solaires pour aliments au Niger Yahaya Yaou, Zabeirou Radjikou et Jean-Marc Durand	115
L'énergie solaire utilisée pour le séchage des récoltes par des pays en développement E.A. Arinze	137
Conception, installation et essais préliminaires d'un séchoir solaire à convection naturelle de récoltes tropicales P.D. Fleming, O.V. Ekechukwu, B. Norton et S.D. Probert	157
Évaluation de trois types de séchoirs solaires de récoltes au Nigéria J.C. Igbeka	173
La technologie appropriée au séchage solaire du poisson dans les centres de pêche artisanale Niokhor Diouf	187
Le séchage solaire au Centre national de recherches agronomi- ques de Bambey : Synthèses des résultats de quelques essais Hyacinthe Modou Mbengue	207

Problèmes et solutions relatifs au séchage solaire des récoltes par convection naturelle Michael W. Bassey, Malcolm J.C.C. Whitfield et Edward Y. Koroma	221
Modèle numérique d'un séchoir solaire de céréales par convection naturelle : mise au point et validation P.H. Oosthuizen	250
Problèmes de séchage solaire au Togo K. Amouzou, M. Gnininvi et B. Kerim	268
Recherche et développement sur le séchage solaire : Les nouveaux choix en matière d'approvisionnement d'énergie ou la satisfaction des besoins perçus Charles Y. Wereko-Brobby	290
Annexe : Participants au colloque	305

POSSIBILITÉS D'AMÉLIORATIONS DES SÉCHOIRS SOLAIRES TRADITIONNELS DE RÉCOLTES AU CAMEROUN : RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT

Charles J. Minka¹

Résumé — On a évalué les séchoirs solaires utilisés par les petits agriculteurs du Cameroun. Il s'agit de nattes de bambou surélevées sur poteaux, de dalles de ciment ainsi que de feuilles d'aluminium ondulées sur le sol. On a comparé le rendement de ces séchoirs traditionnels à celui de simples séchoirs solaires directs comme les marquises et les boîtes de séchage. On a mesuré le temps de séchage pour divers produits agricoles (cacao, maïs, arachides et plantain) et déterminé l'efficacité des différents séchoirs. Les essais en laboratoire et sur le terrain ont montré que les différents séchoirs traditionnels à l'air libre avaient à peu près la même efficacité et que la plupart des séchoirs solaires directs à convection naturelle ne réduisaient pas de façon importante le temps de séchage en comparaison avec le séchage à l'air libre. Toutefois, les séchoirs solaires trouvent leur utilité en protégeant de la poussière, de la pluie et des animaux. Après avoir exposé les problèmes de conception et de fonctionnement des séchoirs solaires agricoles, on fait des recommandations sur les activités futures de recherche et de développement ainsi que sur les méthodes pouvant accroître la collaboration entre les chercheurs du domaine.

Introduction

Le séchage constitue toujours l'une des principales méthodes de conservation des produits agricoles au Cameroun. Règle générale, les produits sont étalés directement sur le sol, sur une natte ou sur une dalle de ciment afin de les exposer au soleil.

On connaît bien les inconvénients liés à cette méthode traditionnelle. Le temps d'exposition est long et le séchage doit parfois être interrompu à cause de conditions climatiques défavorables. Une supervision constante du séchoir s'impose puisqu'il faut ramasser et déplacer les produits en cas de pluie, et chasser les prédateurs. En outre, la poussière, la saleté et les infestations par des insectes réduisent la qualité des produits.

Pour obtenir un entreposage prolongé du produit, il faut donc améliorer cette méthode de séchage. Cependant, lorsqu'on examine des séchoirs plus efficaces, il faut toujours tenir compte des conditions

1. Centre national d'études et d'expérimentation du machinisme agricole (CENEEMA), Département des Énergies renouvelables, B.P. 1040, Yaoundé, Cameroun.

socio-économiques de l'utilisateur. Au Cameroun, 90 % des cultures alimentaires et monnayables sont produites par de petits agriculteurs qui se chargent également du séchage. Ces exploitants ne peuvent investir des sommes élevées dans un séchoir étant donné que le séchage ne représente qu'une partie de la chaîne de production-consommation. Enfin, si le séchage à l'air libre demeure si populaire chez les petits agriculteurs, c'est surtout à cause de son coût peu élevé : l'agriculteur construit lui-même le séchoir et l'énergie qu'il utilise est gratuite.

Il y a à l'heure actuelle deux institutions camerounaises qui effectuent des travaux sur le séchage solaire : l'École nationale supérieure polytechnique de Yaoundé (ENSPY) et le Centre national d'études et d'expérimentation du machinisme agricole (CENEEMA).

À l'ENSPY, des chercheurs ont étudié la modélisation mathématique de capteurs solaires sur un séchoir solaire indirect à convection naturelle (Lefèvre, 1983). Le CENEEMA a concentré ses efforts sur la construction et la mise à l'essai de divers séchoirs solaires et ce sont ses travaux qui sont à la base du présent document.

Séchage des récoltes et conditions climatiques existantes

Les principales cultures séchées sont le cacao, le café, le tabac, l'arachide et le maïs dans la partie méridionale du Cameroun, et l'arachide et le sorgho dans la partie septentrionale.

Le séchage de ces récoltes se fait pendant les mois de juin et juillet et de novembre à janvier dans le Sud, et au cours des mois de novembre et décembre dans le Nord, la période de séchage coïncidant avec la saison sèche.

Les conditions climatiques sont plus favorables au séchage solaire dans le Nord que dans le Sud (tableau 1). Les essais en laboratoire et sur le terrain des séchoirs solaires qui sont présentés ici ont été faits dans le Sud.

Tableau 1. Conditions actuelles du séchage solaire des récoltes au Cameroun pendant les périodes sèches.

	Sud	Nord
Température (°C)	22-30	22-40
Humidité relative (%)	50-100	20-40
Rayonnement solaire moyen (kWh/m ² par jour)	3,8	5,5
Ensoleillement (heures par jour)	3-6	7-9

Expériences

Types de séchoirs

Étant donné que ce sont surtout de petits agriculteurs qui procèdent au séchage des récoltes au Cameroun, le CENEEMA, dont le mandat est de mettre au point des instruments agricoles adaptés aux conditions socio-économiques locales, s'est limité jusqu'ici à étudier des séchoirs solaires simples qui sont faciles à construire, à exploiter et à entretenir et d'un coût abordable pour l'agriculteur. Les trois types de séchoirs mis à l'essai étaient : les séchoirs traditionnels à l'air libre, les séchoirs de type marquise et les boîtes de séchage.

Les séchoirs traditionnels à l'air libre

Il s'agit simplement d'une surface de séchage appropriée que l'on expose au rayonnement solaire, par exemple, une natte de bambou étalée sur le sol ou sur des poteaux (fig. 1), une feuille d'aluminium ondulée, une dalle de ciment, ou tout simplement le sol lui-même.

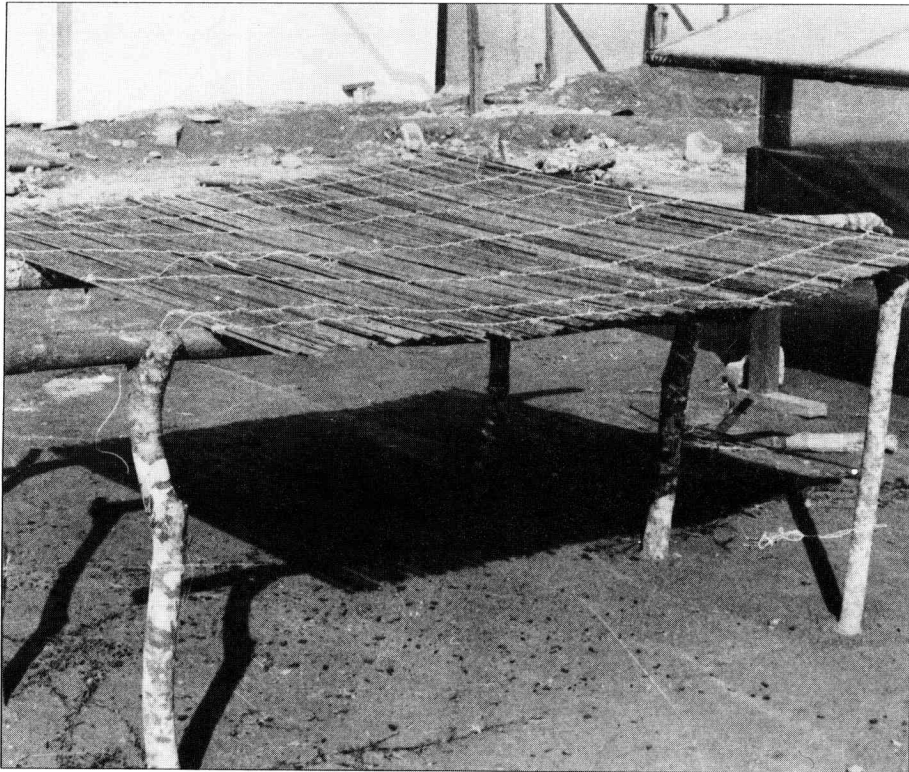


Fig. 1. Séchage à l'air libre avec une natte de bambou surélevée sur poteaux.

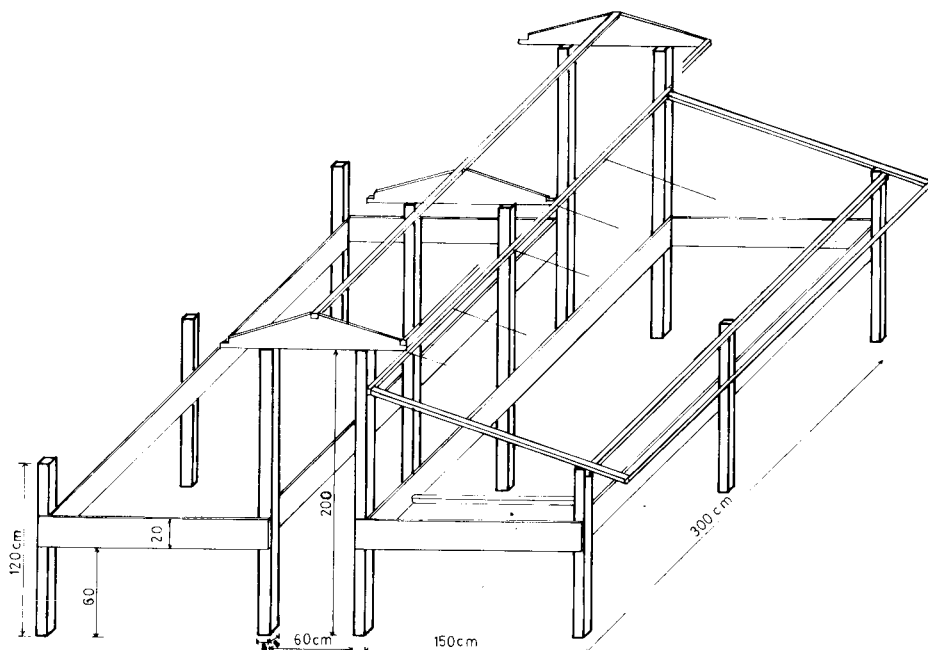


Fig. 2. Plan de séchoir de type marquise.

Les séchoirs de type marquise

Ce séchoir se compose d'une plate-forme de séchage recouverte d'une structure transparente qui laisse passer les rayons du soleil pour sécher les produits tout en repoussant la pluie, la poussière et les prédateurs. Le prototype mis à l'essai (fig. 2 et 3) comprend deux plates-formes parallèles de séchage, surélevées sur poteaux, séparées par un passage central aménagé pour l'exploitant. Les plates-formes et le passage central sont recouverts d'une pellicule transparente en plastique fixée à une ossature de bois à toiture inclinée. La surface de séchage peut être faite de moustiquaire métallique, de nattes de bambou ou de feuilles d'aluminium ondulées déposées sur des poutres de bois en travers de la plate-forme. La circulation de l'air se fait aux bords inférieurs et supérieurs du toit.

On procède actuellement à l'essai d'un autre prototype du séchoir de type marquise (fig. 3b). Ce séchoir comprend une plate-forme et, à l'arrière, des portes de contre-plaqué peintes en noir sur leur face intérieure.

Les boîtes de séchage

La boîte de séchage utilisée pour cet essai (fig. 4) est du genre mis au point par l'Institut de recherches Brace au Canada (Anon., 1965). Il s'agit essentiellement d'un caisson rectangulaire isolé à sa base et recouvert de vitre ou de plastique clair. Des trous dans la base permettent l'entrée d'air frais dans la boîte. L'air peut

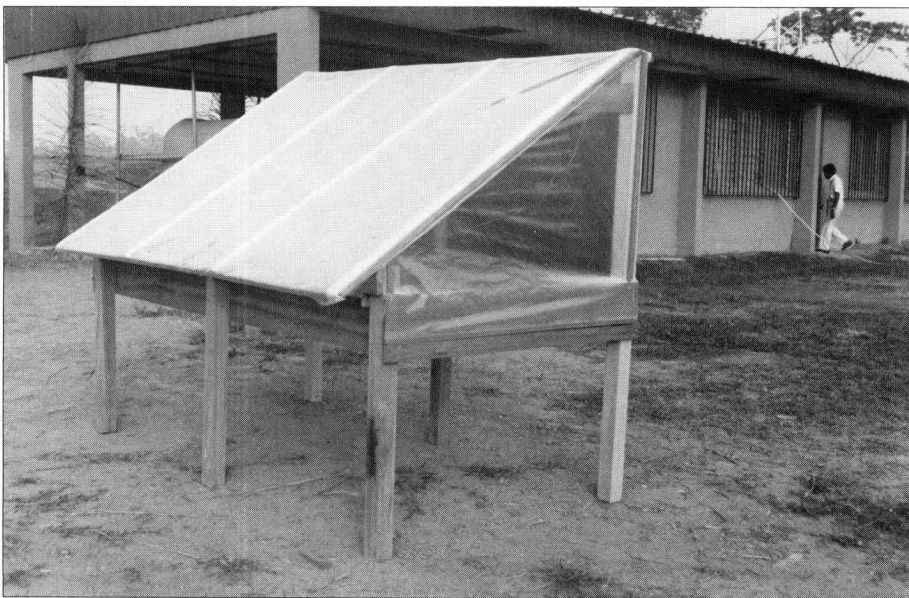


Fig. 3. Deux modèles de séchoir de type marquise.

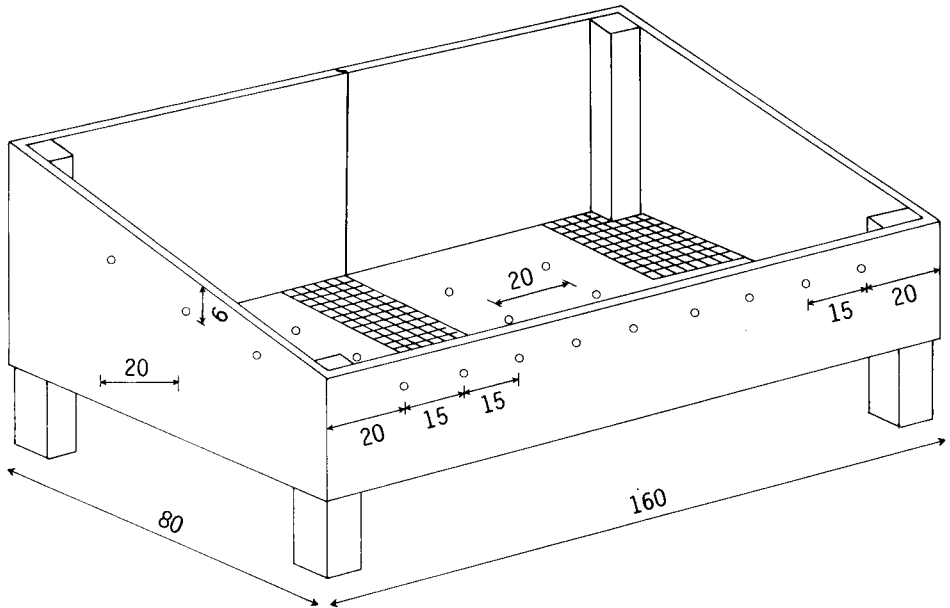


Fig. 4. Boîte de séchage solaire (dimensions en centimètres).

s'échapper grâce à d'autres trous situés dans les parties supérieures de la boîte et dans les panneaux arrière. La boîte en question a été construite en contre-plaqué de 19 mm d'épaisseur.

Procédé de conception

Les séchoirs à l'étude étaient de simples séchoirs directs à convection naturelle. La conception des prototypes n'a fait appel à aucune étude thermodynamique et à aucune technique informatisée de modélisation. Toutefois, on a tenu compte d'un certain nombre de facteurs techniques et socio-économiques : la nature du produit, la taille des tas à sécher, la disponibilité et le coût des matériaux de construction, le niveau de compétence nécessaire à la construction et à l'entretien du séchoir et enfin la facilité d'exploitation de l'appareil.

Ce procédé de conception ne nous permet pas de prédire le rendement du séchoir sous diverses conditions de fonctionnement.

Expériences en laboratoire

On a effectué cinq séries d'expériences sur des séchoirs traditionnels à l'air libre, des séchoirs traditionnels à l'air libre recouverts de plastique transparent, des séchoirs de type marquise et des boîtes de séchage.

Dans la première expérience, on a comparé trois genres de séchoirs traditionnels, soit une natte de bambou surélevée sur poteaux, une feuille d'aluminium ondulée déposée sur le sol et une

Tableau 2. Conditions ambiantes pendant les expériences en laboratoire.

	Expérience		
	1 et 2	3 et 4	5
Température (°C)	23-32	25-35	22-30
Humidité relative (%)	50-100	55-100	65-100
Rayonnement solaire moyen (kWh/m ² par jour)	3,5	4,1	3,8
Ensoleillement (heures par jour)	3-4	4-6	4-5

dalle de ciment. Le produit à sécher était du plantain bouilli que l'on a chargé dans le séchoir à raison de 17 kg/m² (61 %, à l'état humide). Le tableau 2 présente les conditions de l'expérience.

Dans la deuxième expérience, on a comparé le rendement des séchoirs recouverts d'un plastique transparent amovible. Ce plastique pourrait être utile en cas de précipitations soudaines. Les séchoirs étaient en tous points semblables à ceux de la première expérience, tout comme les conditions ambiantes.

Dans la troisième expérience, on a comparé le rendement d'un séchoir de type marquise, dont la surface de séchage était une moustiquaire métallique, à celui d'une natte de bambou exposée à l'air libre. Les produits à sécher étaient du cacao, des arachides et du maïs que l'on a chargés dans chaque séchoir à raison de 10 kg/m² de cacao sec (teneur en eau de 8 %, à l'état humide), 2 kg/m² d'arachides (teneur en eau de 10 %) et 4 kg/m² de maïs sec (teneur en eau de 10 %). Les conditions ont été un peu plus favorables qu'à la première expérience (tableau 2).

Au cours de la quatrième expérience, il fallait comparer trois types de surface de séchage dans un séchoir de type marquise : nattes de bambou, moustiquaire métallique et feuilles d'aluminium ondulées. On a séché du cacao, des arachides et du maïs, comme dans la troisième expérience. Les densités de chargement et les conditions étaient les mêmes qu'auparavant.

Dans la cinquième expérience, on a évalué le rendement d'un séchoir de type marquise, d'une boîte de séchage et d'un séchoir traditionnel à l'air libre. On a chargé les séchoirs de 15 kg/m² de tranches de plantain bouilli (teneur en eau de 61 %, à l'état humide), mais les conditions ont été un peu moins favorables qu'à la première expérience (tableau 2).

Tableau 3. Efficacité du séchage^a de plantain bouilli dans des séchoirs à l'air libre avec ou sans toit transparent.

Séchoir	Efficacité (%)	
	sans toit	avec toit
Natte de bambou	15,0	14,5
Dalle de ciment	14,0	15,0
Feuille d'aluminium ondulée	13,5	14,0

^a L'efficacité se définit comme : le rapport entre l'énergie utile nécessaire pour sécher le produit et une teneur en eau donnée)/(apport total d'énergie dans le séchoir).

Résultats

La première série d'expériences indique que les trois séchoirs à l'air libre avaient presque la même efficacité (tableau 3). Cela s'explique à cause de la nature différente des surfaces de séchage, qui servent uniquement à soutenir les produits sans influencer sur le processus de séchage, lequel repose principalement sur le rayonnement solaire incident. Ce n'est donc pas l'efficacité du séchage qui permet de choisir entre ces séchoirs, mais bien la disponibilité des matériaux servant à leur construction ainsi que leur durabilité et leur coût.

Même une fois recouverts avec un toit transparent, comme dans la deuxième expérience, les trois séchoirs à l'air libre ont la même efficacité de séchage (tableau 3) entre eux qu'avec les séchoirs sans couverture. Il semble que la couverture transparente ajoutée sur les séchoirs à l'air libre ne serve que de protection contre la pluie et les animaux; le taux de séchage ne s'accroît pas. En fait, la température de l'air à l'intérieur du séchoir couvert était supérieure à la température ambiante, tout comme son humidité relative, surtout au début du séchage.

Les taux de séchage du cacao, de l'arachide et du maïs pendant la troisième expérience ont été les mêmes qu'avec le séchoir de type marquise comportant une surface de séchage en moustiquaire métallique comme dans le séchoir à l'air libre (fig. 5). Cela n'est pas surprenant puisque le séchoir marquise est essentiellement un séchoir à l'air libre mais couvert. Toutefois, en modifiant la superficie de la claie de séchage du séchoir marquise, comme dans la quatrième expérience, on a constaté une fluctuation du taux de séchage selon la récolte (fig. 6). En effet, il semble que la feuille d'aluminium ondulée ne permette pas l'écoulement de l'eau hors du cacao, comme avec le bambou et les moustiquaires, ce qui ralentit le séchage. Cependant, les nattes de bambou ont une efficacité semblable à celle des moustiquaires, d'où la possibilité de les y substituer, vu le coût élevé de la moustiquaire au Cameroun.

Lorsqu'on a comparé le rendement d'une boîte de séchage à celui d'un séchoir marquise et d'un séchoir à l'air libre, dans la cinquième expérience, les tranches de plantain bouilli ont séché beaucoup plus vite dans la boîte de séchage (fig. 7). On y a observé des températures entre 20°C et 30°C supérieures à la température ambiante. La boîte de séchage devrait donc être utile pour sécher diverses denrées alimentaires.

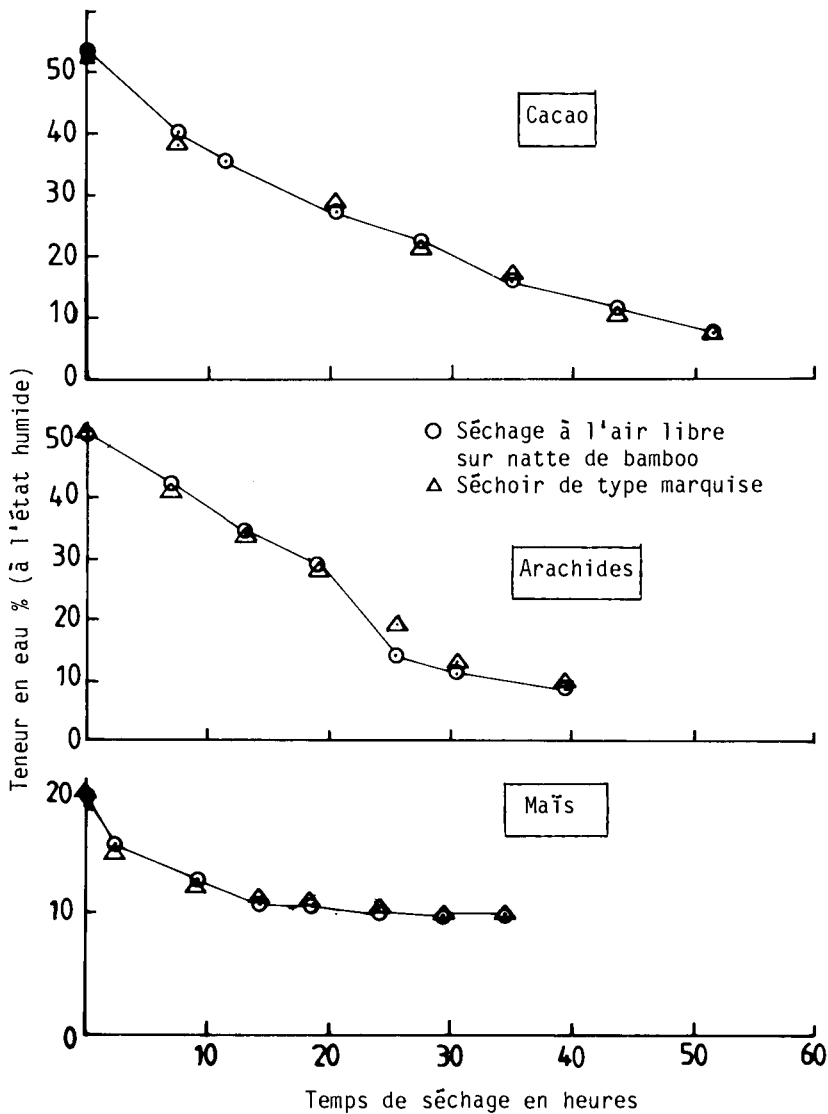


Fig. 5. Courbes comparées de séchage de trois produits avec deux systèmes de séchage différents.

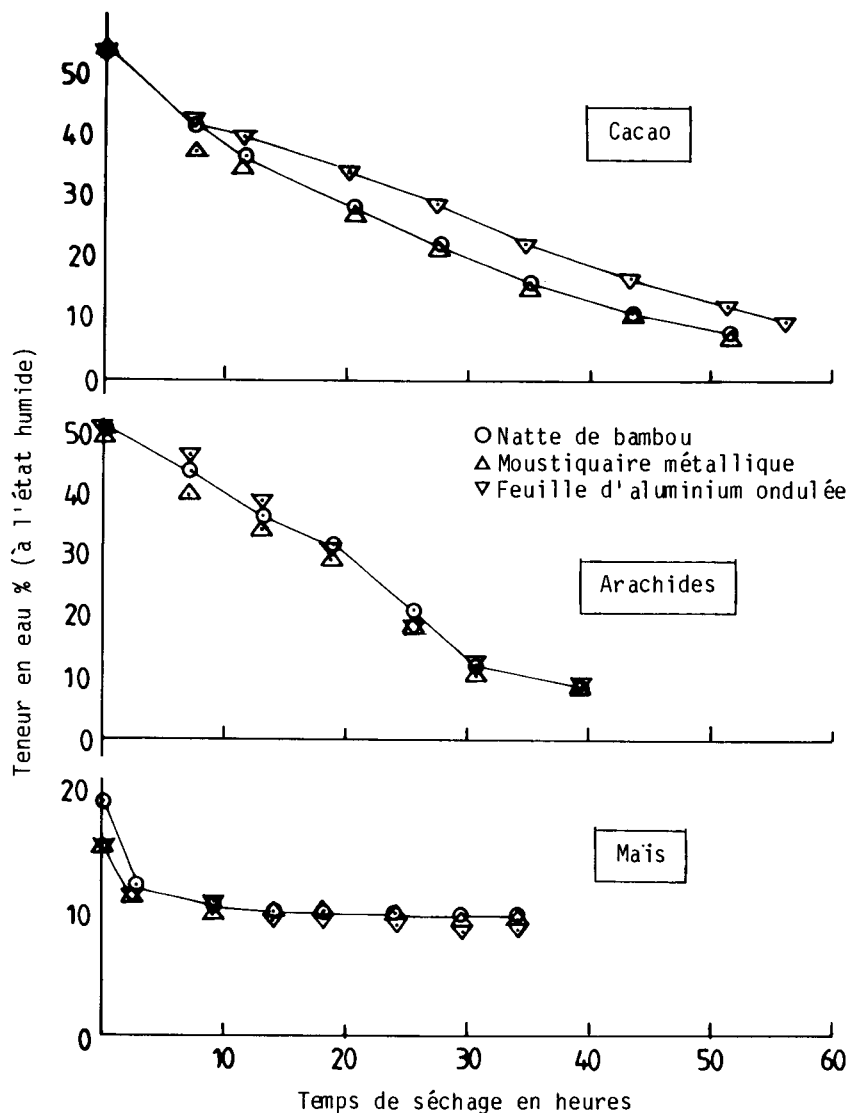


Fig. 6. Courbes comparées de séchage de trois produits sur différentes surfaces de séchage dans un séchoir de type marquise.

Essais sur le terrain

Des séchoirs de type marquise ayant les mêmes dimensions que les prototypes de laboratoire ont été installés sous diverses formes pour les essais sur le terrain. Les agriculteurs les ont utilisés pour sécher divers produits (cacao, arachides, farine de manioc, épices et herbes) pendant près d'un an. Les séchoirs ont été construits par des menuisiers locaux sous la supervision de techniciens du CENEEMA qui a également fourni les plans détaillés.

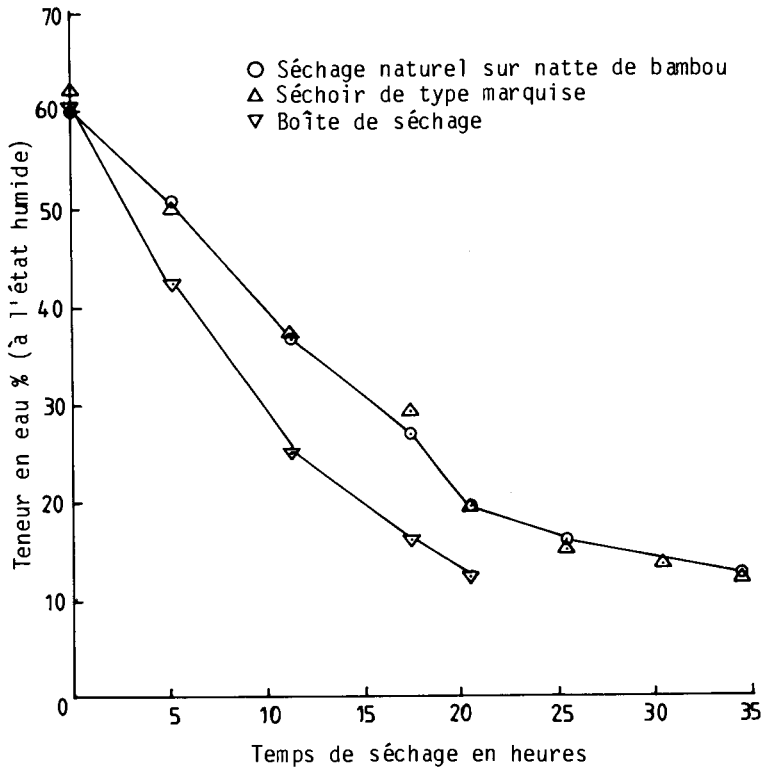


Fig. 7. Courbes comparées de séchage du plantain bouilli sur différents systèmes de séchage.

Les agriculteurs qui ont participé aux essais ont réagi favorablement. Lorsqu'on leur a demandé de comparer le séchoir marquise à leur méthode traditionnelle de séchage à l'air libre, certains agriculteurs ont signalé une période de séchage légèrement plus courte alors que d'autres ont observé une meilleure qualité du produit séché. Aucun n'a attaché une importance primordiale au temps de séchage : ce qui comptait, c'était la protection contre la pluie, la poussière et les animaux. Le seul inconvénient souvent mentionné était la fragilité du matériau en plastique utilisé pour recouvrir les séchoirs. Il s'agissait de pellicules d'emballage en polyéthylène, que l'on pouvait facilement acheter sur le marché, mais qui se détérioraient sous l'effet des rayons solaires et des vents violents après quatre ou six mois sur le séchoir.

On a également mis à l'essai deux boîtes de séchage. La première a servi à sécher des feuilles de ndolé et l'autre, de la farine d'igname. Avec les feuilles de ndolé, le temps de séchage a été écourté de 50 %. Pour la farine d'igname, le gain n'a cependant pas été aussi important puisque la pellicule transparente s'est embuée au cours des premières étapes du séchage. Pour surmonter le problème, il a fallu laisser ouvertes les portes du séchoir, ce qui en a réduit

l'efficacité. Il pourra se révéler nécessaire de déterminer la densité optimale de chargement de ce séchoir pour divers produits.

Problèmes de conception et d'exploitation

D'après notre expérience en laboratoire et sur le terrain, la conception et l'exploitation de séchoirs solaires en milieu rural souffre de quatre grands obstacles techniques :

- La nécessité de se limiter à la ventilation naturelle; il s'agit d'une restriction grave lorsqu'on désire obtenir des taux de séchage élevés.
- L'absence de connaissances sur les propriétés physiques et chimiques du produit à sécher. En outre, on ignorait souvent les caractéristiques exigées d'un produit final de bonne qualité ainsi que les conditions de séchage optimales.
- Le manque de données sur l'effet des divers paramètres des séchoirs sur leur rendement.
- L'absence d'un critère universel permettant d'évaluer le rendement des séchoirs solaires. Le chercheur en est réduit à comparer des séchoirs différents sous des conditions semblables. L'efficacité de séchage dépend d'un si grand nombre de facteurs non contrôlés qu'elle en perd presque toute sa signification.

Parmi les facteurs socio-économiques, le coût initial élevé des séchoirs solaires demeure le plus important. Dans le cas des petits agriculteurs, même un accroissement des gains financiers pourrait ne pas suffire à compenser ce coût.

Recommandations

Au moment de concevoir des séchoirs solaires pour le milieu rural, il faudrait toujours tenir compte des ressources financières limitées de la plupart des agriculteurs. On doit se souvenir que la diminution du temps de séchage n'est pas nécessairement le critère qu'ils recherchent. En effet, ce pourrait bien être l'amélioration de la qualité du produit séché et la diminution de la main-d'œuvre engagée à l'opération. Par conséquent, il pourrait tout simplement suffire de leur fournir des séchoirs solaires directs, simples et faciles à construire avec des matériaux locaux. Les séchoirs solaires mis à l'essai au CENEEMA semblent prometteurs, bien que les essais sur le terrain aient fait clairement ressortir le besoin d'apporter d'autres améliorations. Ce n'est que dans le cas des grandes installations recevant une masse importante de produits à sécher que l'on devrait songer à utiliser des séchoirs solaires indirects à convection forcée. Les séchoirs indirects à convection naturelle atteignent rarement des taux de séchage élevés.

Les activités futures de recherche et de développement sur les séchoirs solaires au Cameroun devraient porter sur les points suivants :

- l'intensification des essais sur le terrain des séchoirs de type marquise ainsi que des boîtes de séchage et l'amélioration des séchoirs d'après les réactions des utilisateurs;
- la mise au point de séchoirs solaires directs équipés d'une source de chaleur auxiliaire;
- l'étude expérimentale de l'effet de divers paramètres de conception sur le rendement technique des séchoirs solaires directs; et
- la mise au point de procédés permettant d'évaluer le rendement technique des séchoirs solaires.

Bibliographie

- Anon. 1965. How to make a solar cabinet/dryer for agricultural produce. Brace Research Institute, Sainte-Anne-de-Bellevue (Québec), Canada. Do-it-Yourself Leaflet L6, 9 p.
- Lefèvre, A. 1983. Modélisation du capteur plan à air et application au séchage de produits agricoles. Institut national des sciences appliquées de Lyon, France. Thèse de Docteur-Ingénieur.