

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 agronomiques 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 |

LE SÉCHAGE SOLAIRE AU CENTRE NATIONAL DE RECHERCHES
AGRONOMIQUES DE BAMBEY : SYNTHÈSES DES RÉSULTATS
DE QUELQUES ESSAIS

Hyacinthe Modou Mbengue¹

Résumé — Au Sénégal, le séchage des céréales se fait en grande partie au champ pour presque toute la récolte, sauf pour une faible partie qui est destinée à l'autoconsommation immédiate. Ainsi le séchage au champ se fait sur épis suivant diverses méthodes. Dans certains cas, lors de la récolte, les plantes entières sont coupées et séchées au soleil, à même le sol. Dans d'autres cas, les épis sont coupés et empilés en vrac ou liés en bottes d'environ 10 kg, formant ainsi de gros tas de séchage sur le sol. Dans ces conditions, il est facile d'imaginer que les grains, exposés pendant les 5 ou 6 semaines que dure le séchage, sont l'objet d'attaques de rongeurs, d'insectes et d'oiseaux, même si les tas de séchage sont parfois entourés de branches épineuses. Le but de cette étude consistait donc à tester de nouveaux prototypes de séchoirs susceptibles d'améliorer le séchage des céréales, du mil souna en particulier. Il s'agissait d'un crib-séchoir utilisant les courants d'air naturels de convection, et de quatre prototypes de séchoir utilisant des collecteurs solaires. Le crib-séchoir présente un intérêt certain car il permet de réaliser à la fois le séchage et le stockage de façon beaucoup plus efficace que les méthodes traditionnelles utilisées par les paysans. Il faudrait cependant réaliser une réduction des pertes de l'ordre de 14,3 % pour justifier l'achat d'un tel séchoir, en ne tenant compte que de cet avantage. Les avantages secondaires comme la libération des parcelles et le regroupement de la récolte pour le battage mécanique apparaissent moins tangibles aux yeux du paysan. Quatre types de séchoirs à ossature métallique ont été fabriqués aux ateliers du Centre national de recherches agronomiques de Bambey (CNRA) et testés en station pour connaître leur efficacité relative. Les quatre prototypes se différencient par le type de recouvrement de leur face supérieure (vitre ou tôle) et par la présence ou non d'une cheminée. Les cheminées, de forme semi-parabolique, ont été ajoutées à la structure afin d'activer l'écoulement de l'air chaud vers le haut. Des thermocouples installés en plusieurs endroits du séchoir permettent de suivre l'évolution de la température intérieure; parallèlement, la direction du vent, la vitesse de l'air à l'entrée du séchoir, la température de l'air extérieur et la température humide de l'air extérieur ont été relevées afin de voir quels étaient leurs effets sur la température de l'air à l'intérieur du séchoir et sur le

1. Centre national de recherches agronomiques de Bambey, Sénégal.

séchage du produit. Pour chaque séchoir, les relevés se faisaient sur une période d'au moins 4 jours, avec 3 ou 6 lectures par jour. Les résultats montrent que la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur du séchoir dépassait rarement 10°C. Cela vient du fait qu'il n'y a pas eu en réalité de capteur solaire alimentant en air chaud le séchoir; la température à l'intérieur du séchoir n'est donc pratiquement pas plus élevée que la température ambiante du soleil. Afin de déterminer s'il y avait des différences significatives entre les quatre types de séchoirs ainsi que l'effet de la vitesse du vent, de la température extérieure et de l'heure de la journée, un modèle de régression linéaire multiple a été bâti autour de la variable dépendante qui est la température à l'intérieur du séchoir. Cette étude sur les séchoirs solaires est donc à repenser globalement car une augmentation de température de seulement 10°C est vraiment trop faible par rapport aux fortes périodes d'ensoleillement connues au Sénégal. En fait, le séchoir est dépourvu de capteur solaire performant, ce qui a pour effet de réduire son efficacité de séchage à presque celui d'un crib-séchoir. C'est la raison pour laquelle la présence de cheminée n'a pas été trouvée significative alors qu'une cheminée devrait permettre d'activer l'écoulement de l'air chaud, donc de produire un meilleur séchage si le séchoir solaire est bien conçu. De plus, le fait que la présence de vitre ne soit pas significative est assez surprenant. En effet, lorsque le capteur est bien conçu, les capteurs à plaque recouverte ont une efficacité supérieure à celle des capteurs à plaque nue.

Domaine de l'étude

Les principales cultures vivrières et cultures de rente pratiquées au Sénégal sont le mil, le sorgho, le maïs, le riz, le niébé, l'arachide et le coton. Les cultures maraîchères occupent un rang non négligeable dans la zone des Niayes et autour des grandes villes. Toutes ces cultures nécessitent des opérations de séchage plus ou moins poussé avant le stockage si l'on veut obtenir une bonne conservation des produits.

Les cultures vivrières et cultures de rente sont généralement récoltées entre la fin septembre et le début novembre. Le séchage de ces denrées débute donc en octobre pour se terminer en janvier. Durant cette période, les températures moyennes varient de 25,4°C à 28,3°C selon les zones (côtière, subtropicale, soudanaise, sahélo-soudanaise), l'humidité relative de 72 à 51 % et la tension de vapeur de 16,7 à 13,6 mm de mercure (Marchés tropicaux n° 1493/1974 et n° 1684/1978).

Une partie des grains récoltés est perdue avant même d'être consommée. Ces pertes le long de la chaîne post-récolte sont imputables à des méthodes inadéquates de séchage, de manutention, de stockage et de transformation. Le séchage étant la première étape du système post-récolte, c'est à ce niveau que débute les pertes sus-mentionnées. Au Sénégal, le séchage des céréales se fait en grande partie au champ pour presque toute la récolte, sauf pour une faible partie destinée à l'autoconsommation immédiate. Dans certains cas, lors de la récolte, les plantes entières sont coupées et séchées

au soleil, à même le sol. Dans d'autres cas, les épis sont coupés et empilés en vrac ou liés en bottes d'environ 10 kg, formant ainsi de gros tas de séchage sur le sol. Dans ces conditions, le séchage dure 7 à 8 semaines et les grains sont l'objet d'attaques de rongeurs, d'insectes, de moisissures et d'oiseaux. L'amélioration de la technique du séchage au soleil permet : d'utiliser au maximum le rayonnement solaire et les autres facteurs climatologiques; de réduire les contaminations et pollutions diverses et de produire des denrées de meilleure qualité et de réduire la durée nécessaire pour sécher les produits agricoles, donc les dégâts causés aux récoltes par des précipitations soudaines, les insectes, les oiseaux et les rongeurs (Fournier, 1980).

Le but de cette étude consistait donc à tester de nouveaux prototypes de séchoirs susceptibles d'améliorer le séchage des céréales locales, du mil souna en particulier. Il s'agissait d'un crib-séchoir utilisant les courants d'air naturels de convection, et de quatre prototypes de séchoirs utilisant des capteurs solaires. Les essais ont été menés en 1977 et 1978.

Matériel et méthodes

Le crib-séchoir

Le crib-séchoir (fig. 1) consiste en une structure parallélépipédique en bois de 5 x 2 x 2 m, soit un volume de chargement de 20 m³. Elle est surélevée de 30 cm par rapport au niveau du sol afin d'assurer une bonne circulation de l'air tout en empêchant les attaques de rongeurs et des petits animaux. La base et les côtés du crib sont recouverts par un grillage métallique. Le rônier est utilisé comme bois de construction à cause de sa disponibilité et de sa résistance aux termites.

Le grain utilisé était du mil souna. Les épis étaient rassemblés en bottes d'une trentaine de kilogrammes placées en quinconce à l'intérieur du séchoir suivant une disposition symétrique à l'axe longitudinal.

Dix séchoirs de ce type ont été installés au village de Ndiamsil dans le département de Bambe, arrondissement de Lambaye en 1977 et 1978. Leur suivi devait comporter une étude sur le séchage effectif du produit et sur les aspects économiques. Cette étude s'est toutefois limitée à une analyse "coût-bénéfice".

Les séchoirs solaires

Quatre prototypes de séchoirs à ossature métallique ont été fabriqués et testés au Centre national de recherches agronomiques (CNRA) de Bambe en vue de connaître leur efficacité relative. Ces structures de 3 x 1 x 1 m sont recouvertes à chaque extrémité d'un double grillage, fin et grossier, pour empêcher les attaques de rongeurs. Le fond et les parois latérales de chaque séchoir sont recouverts de tôles peintes en noir. Les quatre prototypes se différenciaient par le type de recouvrement sur leur face supérieure, vitre ou tôle, et par la présence ou non de cheminée. Ainsi, il y avait : un séchoir sans cheminée, recouvert d'une tôle (SC/AT); un



Fig. 1. Structure traditionnelle améliorée.

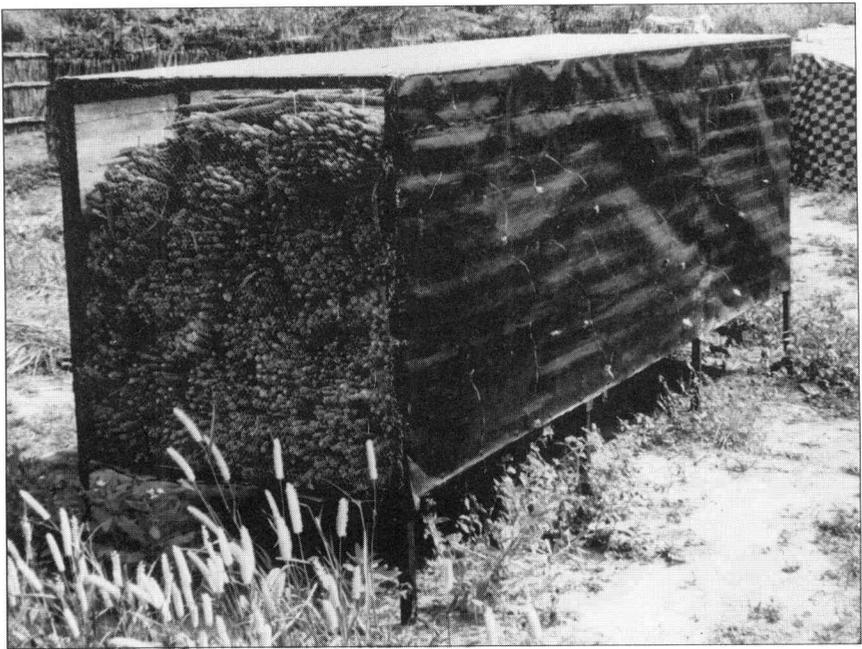


Fig. 2. Séchoir sans cheminée et avec vitre.



Fig. 3. Sêchoir solaire avec cheminée et avec vitre.

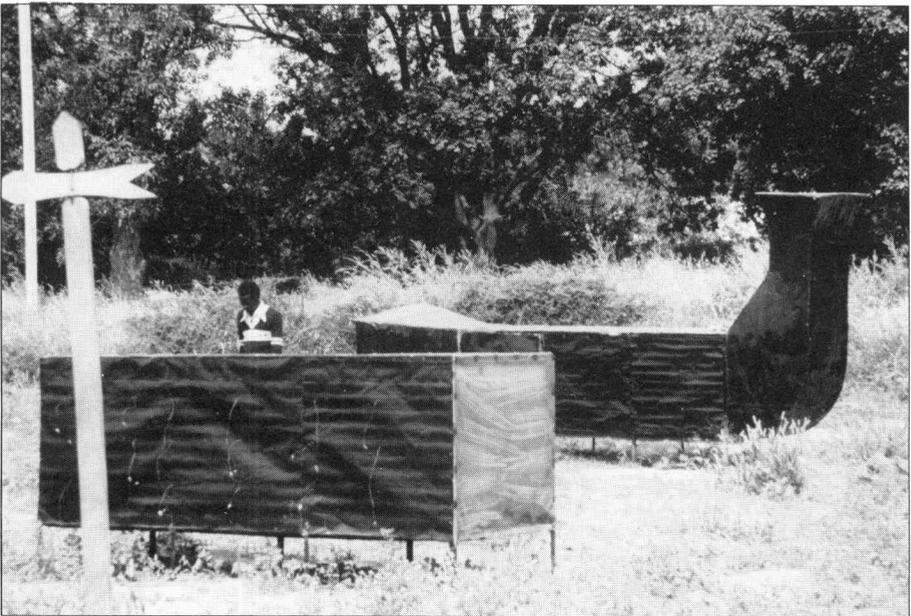


Fig. 4. Deux sêchoirs sans vitre; un avec cheminée, l'autre sans cheminée.

séchoir sans cheminée, recouvert d'une vitre (SC/AV); un séchoir avec cheminée, recouvert d'une tôle (AC/AT); un séchoir avec cheminée, recouvert d'une vitre (AC/AV) (fig. 2, 3 et 4).

Les cheminées ont une forme semi-parabolique. Elles ont été ajoutées à la structure afin d'activer l'écoulement de l'air chaud vers le haut. De plus, les séchoirs à cheminée étaient également pourvus d'une section conique à l'entrée pour mieux diriger l'air de l'extérieur vers l'intérieur du séchoir.

Afin de juger de l'efficacité du séchoir, l'évolution de la température du séchoir a été suivie. Parallèlement, la direction du vent, la vitesse de l'air à l'entrée du séchoir et la température de l'air extérieur ont été relevées afin de voir quels étaient leurs effets sur la température intérieure du séchoir et sur le séchage du produit.

La température à l'intérieur du séchoir était déterminée grâce à des thermocouples installés en plusieurs endroits : à 25 cm du fond, l'autre à 50 cm. Cette disposition des thermocouples a été répétée à 50 cm, puis à 75 cm du fond. Ce dispositif a été renouvelé tous les 25 ou 50 cm le long du séchoir. La vitesse de l'air a été relevée à partir d'un anémomètre "Florite", tandis que la direction du vent était donnée par une girouette installée à 2 m du sol. Les températures (sèche et humide) de l'air extérieur ont été déterminées à l'ombre avec des thermomètres ordinaires.

Pour chaque séchoir, les relevés se faisaient sur une période d'au moins 4 jours avec 3 à 6 lectures par jour. Chacun des séchoirs devait être chargé de 200 bottes, chaque botte pesant 7 kg. Ce dispositif devait permettre de suivre l'évolution de la teneur en eau du grain, mais également de voir si l'air pouvait s'écouler facilement à travers la masse de grain.

Résultats et discussion

Le séchage en crib

Le suivi des dix cribs installés en milieu rural et en station a montré une durée de séchage variant entre 5 et 6 semaines, ce qui constitue un gain de 2 semaines par rapport au séchage traditionnel. La durée du séchage demeure cependant relativement longue par rapport à d'autres types de séchage, classique ou solaire par exemple.

En fait, le principal avantage du crib est qu'il permet de réaliser à la fois le séchage et le stockage de façon beaucoup plus efficace que les méthodes traditionnelles. Le fait de surélever le séchoir assure une meilleure ventilation, donc un séchage plus rapide, et tend à empêcher les rongeurs et une bonne partie des insectes d'atteindre la récolte. D'autre part, avec l'utilisation du crib, on réduit considérablement la surface exposée à la prédation des insectes, des oiseaux et des animaux tout en favorisant la circulation de l'air dans la masse du produit. Si les attaques dues à ces vecteurs sont proportionnelles à la surface exposée (hypothèse à vérifier), il y a lieu de croire à une réduction des pertes par le simple fait de regrouper la récolte sur une petite surface.

La durée de vie d'un tel séchoir étant estimée à 10 ans, l'analyse économique montre un coût de revient du séchage/stockage d'un kilogramme de mil-grain qui varie entre 8 et 10 F CFA,¹ ce qui représente 11,5 à 14,3 % du prix de vente officiel du mil (70 F CFA/kg). Il faudrait donc observer une réduction des pertes de 11,5 à 14,5 % pour justifier la construction d'un tel séchoir, en ne tenant compte que de cet avantage. Les avantages secondaires comme la libération rapide des parcelles et le regroupement de la récolte pour le battage mécanique seront moins tangibles aux yeux de l'utilisateur (Diop, 1979).

Le séchage solaire

Les tableaux 1 à 4 donnent les valeurs de la vitesse de l'air, de la température extérieure et de la température intérieure à différentes heures de la journée et pour chaque séchoir. Les observations ont été faites sur une période de 4 à 6 jours. En fait, si le séchoir solaire est performant, cette période doit suffire pour amener le grain à une teneur en eau suffisamment faible pour lui assurer une bonne conservation.

Ce que l'on constate à première vue, c'est que la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur dépasse rarement 10°C (tableaux 1 à 4). C'est là un très faible rendement quand on sait que certains types de séchoirs arrivent à des gradients de température intérieur-extérieur dépassant 30°C dans des conditions climatiques beaucoup moins favorables qu'au Sénégal (Diop, 1979). Cela s'explique du fait qu'il n'y a pas eu en réalité de capteur solaire alimentant correctement en air chaud le séchoir : la température à l'intérieur n'est pratiquement pas plus élevée que la température ambiante au soleil. D'ailleurs, quand le séchoir est complètement rempli d'épis, la plaque servant de surface absorbante est totalement sous la masse du produit à sécher, d'où son inutilité.

Afin de déterminer l'effet de la vitesse du vent, de la température extérieure et de l'heure de la journée, mais également s'il y a des différences significatives entre les quatre types de séchoirs, un modèle de régression linéaire multiple a été bâti autour de la variable dépendante qui est ici la température à l'intérieur du séchoir. Nous avons émis l'hypothèse suivante : la température à l'intérieur du séchoir dépend de plusieurs facteurs dont l'heure de la journée, la vitesse de l'air, la température extérieure ainsi que la présence de vitre ou de cheminée. Le modèle de régression linéaire multiple doit non seulement nous permettre de vérifier cette hypothèse, et éventuellement quantifier l'apport de chacun de ces éléments (variables explicatives) dans les variations de la température à l'intérieur du séchoir (variable expliquée), mais également de comparer les différents types de séchoirs. Le modèle peut être exprimé sous forme mathématique de la façon suivante :

$$Y = B_0 + B_1 (x^1) + B_2 (x^2) + B_3 (x^3) + B_4 (x^4) + B_5 (x^5) + e$$

Y = température intérieure
 x^1 = heure de la journée (de 8 h à 18 h)
 x^2 = vitesse de l'air

1. Franc de la communauté financière africaine.
 220 F CFA = 1 \$ CA en 1986.

Tableau 1. Séchoir sans cheminée avec vitre.

| Heure | Vitesse de l'air (mm/s) | Température extérieure (°C) | Température intérieure (°C) | Différence de température |
|---------------------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| <u>20 juin 1978</u> | | | | |
| 8 h 40 | 202,14 | 22,00 | 29,38 | 7,38 |
| 9 h 50 | 200,57 | 28,00 | 35,83 | 7,83 |
| 10 h 40 | 201,43 | 33,00 | 38,57 | 5,57 |
| <u>21 juin 1978</u> | | | | |
| 10 h 00 | 212,38 | 32,00 | 38,52 | 6,52 |
| 11 h 55 | 229,19 | 35,00 | 40,52 | 5,52 |
| 16 h 00 | 230,10 | 39,00 | 47,00 | 8,00 |
| 17 h 00 | 223,43 | 38,00 | 42,05 | 6,05 |
| 17 h 40 | 218,62 | 31,00 | 38,79 | 8,79 |
| <u>22 juin 1978</u> | | | | |
| 8 h 45 | 220,43 | 27,00 | 31,31 | 4,31 |
| 9 h 45 | 221,19 | 28,00 | 36,43 | 8,43 |
| 11 h 45 | 220,38 | 33,00 | 38,81 | 5,81 |
| 12 h 00 | 205,86 | 34,00 | 42,14 | 8,14 |
| 16 h 30 | 242,33 | 38,00 | 38,98 | 0,98 |
| 17 h 20 | 224,57 | 39,00 | 38,98 | 0,02 |
| <u>23 juin 1978</u> | | | | |
| 8 h 30 | 205,95 | 27,00 | 28,48 | 1,48 |
| 9 h 30 | 228,48 | 27,00 | 32,76 | 5,76 |
| 10 h 30 | 238,76 | 28,00 | 38,57 | 10,57 |
| 11 h 30 | 241,62 | 32,00 | 40,31 | 8,31 |
| 13 h 10 | 205,43 | 34,00 | 42,93 | 8,93 |
| 13 h 40 | 223,19 | 37,00 | 43,50 | 6,50 |

- x^3 = température extérieure
 x^4 = présence d'une cheminée sur le séchoir (1, avec cheminée; 0, sans cheminée).
 x^5 = utilisation d'une vitre sur le dessus du séchoir (1, avec vitre; 0, sans vitre).
e = constante d'erreur

Comme le montrent les valeurs de t du tableau 5, aucun des coefficients B4 et B5 n'est significativement différent de 0 au seuil de 95 %. Autrement dit, la présence ou non de cheminée ou de vitre n'a aucune influence significative au seuil de 95 % sur la température intérieure du séchoir.

Par contre, les contributions de x^1 , x^2 et x^3 dans les variations de Y sont significatives au seuil de 95 %. En d'autres termes, l'heure de la journée, la vitesse du vent et la température à l'extérieur du séchoir contribuent de façon significative dans les variations de la température intérieure. On note d'ailleurs une forte

Tableau 2. Séchoir sans cheminée avec tôle.

| Heure | Vitesse de l'air (mm/s) | Température extérieure (°C) | Température intérieure (°C) | Différence de température |
|---------------------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| <u>20 juin 1978</u> | | | | |
| 8 h 26 | 203,81 | 22,00 | 30,50 | 8,50 |
| 8 h 30 | 200,48 | 27,00 | 36,76 | 9,76 |
| 10 h 30 | 191,43 | 28,00 | 38,71 | 10,71 |
| 17 h 35 | 200,14 | 28,00 | 38,90 | 10,00 |
| 17 h 55 | 200,00 | 28,00 | 38,33 | 10,33 |
| <u>21 juin 1978</u> | | | | |
| 8 h 20 | 200,43 | 27,00 | 29,05 | 2,05 |
| 9 h 00 | 203,52 | 27,00 | 33,62 | 6,62 |
| 10 h 00 | 240,00 | 33,00 | 38,62 | 5,62 |
| 15 h 30 | 237,48 | 41,00 | 42,83 | 1,83 |
| 16 h 30 | 231,71 | 39,00 | 43,48 | 4,48 |
| 17 h 30 | 218,38 | 37,00 | 39,07 | 2,07 |
| <u>22 juin 1978</u> | | | | |
| 8 h 00 | 214,76 | 26,00 | 27,10 | 1,10 |
| 9 h 00 | 217,95 | 28,00 | 30,48 | 2,48 |
| 10 h 00 | 221,86 | 29,00 | 36,21 | 7,21 |
| 11 h 10 | 205,86 | 33,00 | 38,86 | 5,86 |
| 12 h 10 | 213,00 | 34,00 | 40,38 | 6,38 |
| 15 h 55 | 237,38 | 39,00 | 43,00 | 4,00 |
| <u>23 juin 1978</u> | | | | |
| 8 h 05 | 217,52 | 21,00 | 27,93 | 6,93 |
| 9 h 05 | 209,19 | 23,00 | 29,19 | 6,19 |
| 10 h 05 | 233,25 | 28,00 | 33,64 | 5,64 |
| 11 h 05 | 259,76 | 32,00 | 36,24 | 4,24 |
| 12 h 05 | 208,43 | 33,00 | 37,90 | 4,90 |
| 12 h 30 | 201,62 | 33,00 | 39,07 | 6,07 |

corrélation entre l'heure de la journée et la température extérieure (coefficient de corrélation simple de 0,70). De toutes les variables explicatives, c'est la température extérieure qui semble avoir le plus d'influence sur la variable expliquée Y (Diop, 1979). Dans les études à venir, il faudra également voir l'influence de l'intensité du rayonnement solaire (puissance solaire) sur la température à l'intérieur du séchoir.

Conclusions

Le crib-séchoir présente un certain intérêt car il permet de réaliser à la fois le séchage et le stockage des grains d'une façon beaucoup plus efficace que les méthodes présentement utilisées par les paysans.

Tableau 3. Séchoir avec cheminée avec tôle.

| Heure | Vitesse de l'air (mm/s) | Température extérieure (°C) | Température intérieure (°C) | Différence de température |
|---------------------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| <u>27 juin 1978</u> | | | | |
| 11 h 50 | 203,33 | 28,00 | 32,21 | 4,21 |
| 16 h 15 | 201,29 | 34,00 | 41,00 | 7,00 |
| 17 h 25 | 206,33 | 34,00 | 38,36 | 4,36 |
| <u>28 juin 1978</u> | | | | |
| 8 h 30 | 258,81 | 27,00 | 29,29 | 2,29 |
| 8 h 40 | 238,30 | 27,00 | 30,55 | 3,55 |
| 9 h 30 | 316,48 | 28,00 | 33,45 | 5,45 |
| 9 h 40 | 298,50 | 28,00 | 35,35 | 7,35 |
| 10 h 30 | 333,24 | 33,00 | 37,43 | 4,43 |
| 10 h 40 | 319,70 | 33,00 | 38,15 | 5,15 |
| 11 h 30 | 332,81 | 33,00 | 39,52 | 6,52 |
| 11 h 40 | 333,70 | 33,00 | 41,30 | 8,30 |
| <u>29 juin 1978</u> | | | | |
| 9 h 56 | 218,00 | 28,00 | 32,00 | 4,00 |
| 11 h 47 | 266,00 | 32,00 | 38,45 | 6,45 |
| 16 h 23 | 234,00 | 33,00 | 37,00 | 4,00 |
| 17 h 15 | 250,00 | 26,00 | 34,25 | 8,25 |
| <u>30 juin 1978</u> | | | | |
| 8 h 58 | 237,14 | 27,00 | 29,98 | 2,98 |
| 10 h 32 | 224,76 | 31,00 | 37,69 | 6,69 |
| 11 h 55 | 268,57 | 33,00 | 40,50 | 7,50 |
| 12 h 45 | 272,86 | 37,00 | 44,93 | 7,93 |
| 15 h 07 | 299,05 | 37,00 | 44,95 | 7,95 |

Les séchoirs solaires réalisés au CNRA de Bambey ont donné de très faibles rendements comparativement aux fortes périodes d'ensoleillement que nous connaissons au Sénégal. Ceci est surtout attribuable à une mauvaise conception du séchoir lui-même. En fait, le séchoir est dépourvu de capteur solaire performant, ce qui a eu pour effet de réduire son efficacité à presque celle d'un crib : on a conçu en réalité une "boîte à séchage" où le produit à sécher joue le rôle d'absorbeur (Fournier, 1980). C'est d'ailleurs la raison pour laquelle la présence de cheminée ou de vitre n'a pas été significative. En effet, lorsque le séchoir est bien conçu, la cheminée permet d'activer l'écoulement de l'air chaud, donc un meilleur séchage. D'autre part, les capteurs à plaque recouverte ont une efficacité supérieure à celle des capteurs à plaque nue, ceci jusqu'à un débit d'air de $300 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$; au-delà de ce débit, la température de l'absorbeur est si basse que les pertes par rayonnement sont faibles et les pertes dans la couverture prennent une importance relative. Le rendement du capteur nu est alors supérieur au rendement du même capteur couvert (Fournier, 1980).

Tableau 4. Séchoir avec cheminée avec vitre.

| Heure | Vitesse de l'air (mm/s) | Température extérieure (°C) | Température intérieure (°C) | Différence de température |
|---------------------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| <u>19 juin 1978</u> | | | | |
| 8 h 10 | 200,00 | 26,00 | 28,71 | 2,71 |
| 9 h 25 | 200,00 | 28,00 | 32,55 | 4,55 |
| 10 h 35 | 254,76 | 29,00 | 36,21 | 7,21 |
| 11 h 40 | 266,67 | 32,00 | 39,71 | 7,71 |
| 12 h 53 | 250,95 | 32,00 | 38,10 | 6,10 |
| 14 h 08 | 220,95 | 32,00 | 40,14 | 8,14 |
| <u>27 juin 1978</u> | | | | |
| 11 h 10 | 206,43 | 27,00 | 35,07 | 8,07 |
| 15 h 40 | 200,00 | 37,00 | 41,07 | 4,07 |
| 17 h 10 | 203,95 | 34,00 | 37,88 | 3,88 |
| <u>28 juin 1978</u> | | | | |
| 8 h 05 | 220,95 | 23,00 | 28,21 | 5,21 |
| 9 h 05 | 207,05 | 27,00 | 33,38 | 4,38 |
| 10 h 05 | 222,29 | 29,00 | 36,31 | 7,31 |
| 11 h 05 | 346,62 | 29,00 | 39,64 | 10,64 |
| 15 h 05 | 258,81 | 35,00 | 42,55 | 7,55 |
| <u>29 juin 1978</u> | | | | |
| 8 h 35 | 205,71 | 29,00 | 29,40 | 0,40 |
| 10 h 40 | 231,43 | 29,00 | 36,74 | 7,74 |
| 15 h 15 | 301,90 | 33,00 | 38,48 | 5,48 |
| 16 h 50 | 262,38 | 33,00 | 35,60 | 2,60 |
| <u>30 juin 1978</u> | | | | |
| 8 h 30 | 214,29 | 26,00 | 29,83 | 3,83 |
| 10 h 00 | 244,76 | 28,00 | 35,33 | 7,33 |
| 11 h 30 | 265,71 | 33,00 | 39,83 | 6,83 |
| 12 h 45 | 255,24 | 34,00 | 45,17 | 11,17 |
| 14 h 20 | 260,48 | 37,00 | 47,33 | 10,33 |

Cette étude des séchoirs solaires est donc à repenser de façon globale, l'accent devant être mis sur la conception d'un capteur performant. Ce n'est qu'à cette condition que l'on pourra utiliser avantageusement l'énergie solaire qui ne fait pas défaut au Sénégal.

Perspectives

L'évolution de l'agriculture sénégalaise entraînera une utilisation de plus en plus généralisée des séchoirs agricoles, même si dans le contexte actuel, ces séchoirs ne se justifient pas pour la majeure partie des céréales principalement dans la zone nord et centre-nord.

Tableau 5. Principales statistiques de la régression linéaire et tableau de variances.

| | Degrés de liberté | Somme des carrés | Somme des χ^2 |
|------------|-------------------|------------------|------------------------|
| Régression | 5 | 1 551,79 | 310,36 |
| Erreur | 80 | 467,18 | 5,84 |
| Total | 85 | 2 018,97 | |
| | | R = 0,77 | F ¹ = 53,15 |

| Coefficient | Variable correspondante | Erreur type | Valeur de t |
|-------------|-----------------------------|-------------|-----------------------|
| B0 = 4,863 | -- | -- | -- |
| B1 = 0,299 | heure du jour | 0,1245 | 2,4 ¹ |
| B2 = 0,0217 | vitesse du vent | 0,00825 | 2,63 ¹ |
| B3 = 0,7575 | température extérieure | 0,0894 | 8,48 ¹ |
| B4 = -0,854 | présence ou non de cheminée | 0,613 | -1,39 NS ² |
| B5 = 0,904 | présence ou non de vitesse | 0,537 | 1,68 NS ² |

1. Significatif au seuil de confiance de 95 %.

2. Non significatif.

L'énergie solaire étant largement disponible, on s'orientera vers la conception de séchoirs solaires. En effet "par comparaison au séchage naturel, les techniques solaires les plus simples permettent une réduction du temps de séchage de 50 % en moyenne. Outre ce critère quantitatif, la qualité du produit est presque toujours améliorée : les valeurs élevées de la température dans le séchoir arrivent à éliminer les risques d'infestation; de même, la teneur initiale en protéines est pratiquement retrouvée" (Fournier, 1980).

Il s'agira donc de reprendre les études sur les séchoirs, ce qui nécessite la mise au point d'un générateur d'air chaud le plus performant possible à partir des matériaux disponibles localement :

tôles plates, tôles ondulées, films plastiques, etc. Les performances du séchoir seront mesurées à partir des éléments suivants : gradient de température intérieur/extérieur; courbe d'évolution de l'humidité du produit; temps de séchage du produit; pouvoir germinatif de semences; valeur alimentaire et qualités organoleptiques du produit; durée de vie du séchoir et coût du séchage.

Du point de vue économique, le critère de rentabilité impose une utilisation du séchoir la plus étendue possible. Il faudra donc diversifier la gamme des produits à sécher et les échelonner sur toute l'année (Fournier, 1980).

Quoi qu'il en soit, des études préliminaires doivent clairement démontrer la viabilité économique de telles structures et leur supériorité par rapport aux méthodes actuellement utilisées. Le séchage étant pratiquement la première étape post-récolte, il apparaît évident qu'une modification des structures à ce niveau doit s'accompagner d'une égale modification des étapes subséquentes comme le battage, le stockage, et la transformation, afin de donner au système toute son efficacité.

Besoins futurs en recherches sur le séchage solaire

Nous avons dit plus haut que l'utilisation de séchoirs solaires pour les céréales ne se justifie pas économiquement dans la zone centre et centre-nord du Sénégal. En effet, les niveaux de prix actuels et l'inorganisation de la filière céréalière n'autorisent aucun investissement supplémentaire de la part des producteurs. Ceux-ci ne s'engageront dans cette voie que si des prix rémunérateurs sont appliqués et s'ils ont des débouchés sûrs pour l'écoulement du surplus de production.

Ceci ne signifie pas qu'il faille arrêter les recherches sur le séchage solaire. Les producteurs du Sud et du Sud-Est sont confrontés à de réels problèmes de séchage de leurs récoltes (riz, maïs, sorgho, sanio). Avec la mise en route du barrage de DIAMA, le système de la double culture qui est envisagée nécessitera l'utilisation de séchoirs par les producteurs. Enfin, certaines denrées alimentaires comme le poisson et les légumes nécessitent un séchage adéquat pour une meilleure conservation. Des recherches sur le séchage de ces différentes denrées sont donc pleinement justifiées. Ces recherches doivent partir des besoins réels et des possibilités technico-financières des utilisateurs potentiels.

Bibliographie

- Diop, A. 1979. Projet 3-P-760026 Technologie post-récolte. Résultats techniques. ISRA-CNRA Bambey, Sénégal.
- Fournier, M. 1980. Théorie du séchage. Intérêt et pratique des capteurs plans. Technologie des séchoirs agricoles solaires. Intérêt des solutions polyvalentes. In Conservation des denrées alimentaires cultivées en climat chaud et humide. Actes du premier colloque international de technologie tenu à Yaoundé, Cameroun, du 5 au 10 novembre 1979. Association des universités partiellement ou entièrement de langue française (AUPELF).

Marchés tropicaux, n° 1493 du 21/06/74 (numéro spécial). Sénégal
1960-1973 : 14 ans de développement économique et social.

Marchés tropicaux, n° 1684 du 17/02/78. L'industrie sénégalaise :
l'environnement socio-économique. L'agriculture, élément
essentiel de l'économie nationale.