

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

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

## 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<sup>1</sup>

*Résumé* — Si les séchoirs solaires ont tellement retenu l'attention en Afrique pendant la décennie 1974-1984, c'est parce qu'ils pouvaient servir à résoudre deux des problèmes socio-économiques les plus urgents de ce continent : une crise de plus en plus prononcée attribuable à une production alimentaire insuffisante et à un accroissement rapide de la population et la grave récession économique amenée par l'augmentation rapide du prix des combustibles fossiles au cours de la même période. Cependant, étant donné que la mise au point des nouveaux séchoirs solaires découlait en grande partie des problèmes énergétiques éprouvés pendant les années 70, il convient de bien situer les questions fondamentales et la perception des solutions pertinentes dans le contexte des nouvelles options en matière d'approvisionnement d'énergie, surtout de source locale. On en est venu ainsi à penser que le problème de base de la recherche consistait à élaborer une meilleure technique énergétique qui résoudrait implicitement le problème des pertes post-récolte. Presque toutes les activités de R&D qui ont eu lieu ont été circonscrites et exécutées par des technologues, habituellement des ingénieurs. Leur principal objectif a été d'améliorer le rendement thermodynamique des séchoirs et, partant, d'accroître les choix énergétiques en régions rurales. On a pu mettre au point plusieurs conceptions techniquement supérieures au séchage traditionnel à l'air libre. Néanmoins, leur capacité de résoudre les problèmes de pertes reste encore à démontrer et, dans beaucoup de cas, les nouveaux séchoirs ne répondent pas aux besoins de la plupart des régions rurales d'Afrique. La présente communication aborde les questions et facteurs principaux dont on doit tenir compte dans la conceptualisation, la définition et l'exécution de projets de R&D sur des séchoirs solaires de récoltes en Afrique. Elle propose un cadre conceptuel permettant d'évaluer la pertinence, l'intérêt, la viabilité et la faisabilité techno-économique des projets afin d'en garantir la crédibilité scientifique et promotionnelle.

---

1. Commonwealth Science Council, Londres, Royaume-Uni. Les opinions émises n'engagent que la responsabilité de l'auteur et pas nécessairement celle du CSC.

## Introduction

Le premier colloque sur l'énergie en Afrique (CEA) a eu lieu en mars 1985 et a principalement fait l'objet de communications exposant les résultats de nombreux projets de R&D sur de nouveaux séchoirs solaires en Afrique (CSC, 1986). Les communications ont fait la preuve que l'Afrique possédait la capacité technique de concevoir, mettre à l'essai et évaluer des méthodes techniquement supérieures de séchage de denrées alimentaires et de produits agricoles. Toutefois, il était aussi très clair que la plupart des travaux avaient été effectués en partant d'une mauvaise définition des problèmes de développement ou en ne leur accordant pas toute la place qu'ils méritaient. (En fait, cette idée était tellement répandue qu'elle a donné lieu à un atelier informel à bord d'un vol à destination de l'Afrique occidentale : ce qui est désolant, c'est que la discussion a peut-être eu lieu six ou sept heures trop tard.) Quoi qu'il en soit, notre communication, et de fait toute nouvelle étude sur le développement des séchoirs solaires en Afrique, vise essentiellement à fournir les réponses appropriées aux quatre questions suivantes.

- Quel est l'objectif principal du projet de recherche? Fournir de l'énergie, accroître l'approvisionnement du produit, ou les deux?
- Qui sont les bénéficiaires prévus? Des particuliers, des sociétés ou un groupe de bien-être bien défini?
- Quelles sont les options qui s'offrent pour répondre aux objectifs énoncés; en termes de coûts relatifs et d'efficacité des technologies et des sources d'approvisionnement d'énergie?
- Quelles doivent être les composantes d'un programme convenable de R&D pour assurer des conclusions valables et utiles à un projet?

Toutes ces questions sont abordées à la lumière de l'expérience acquise aux termes du Projet de séchage solaire des cultures (PSSC) du CEA, établi par le Commonwealth Science Council (CSC) en 1979 avec pour objectif bien défini (CSC, 1980) : "d'améliorer les méthodes traditionnelles de séchage des récoltes et des produits à l'air libre en Afrique par la mise au point et l'introduction de techniques de séchage solaire appropriées".

### Définition du problème de recherche

Les objectifs particuliers du CEA-PSSC étaient "de concevoir, mettre au point et éprouver des séchoirs solaires pour des exploitations agricoles de petite et grande taille, y compris des coopératives". Bien qu'à caractère régional, chaque projet devait tenir compte des besoins spéciaux des pays participants individuels, à la fois sur le plan des produits cibles et des groupes d'utilisateurs. Ainsi, le problème à l'étude a été clairement défini comme une innovation technologique visant à atténuer les effets néfastes de la crise du pétrole. Ce qui n'était pas facilement apparent ni précisé de façon explicite étaient la nature et l'ampleur des problèmes des utilisateurs finals que les nouvelles technologies solutionneraient, ainsi que les coûts de cette solution par rapport à d'autres remèdes possibles. Il nous semblait aller de soi que toute nouvelle source d'énergie de remplacement était souhaitable et allait

vraisemblablement bénéficier à tous les utilisateurs finals étant donné la grave situation du marché des approvisionnements.

Avant de se lancer dans un projet de R&D sur le séchage solaire, il faut d'abord établir le besoin d'une technique de séchage des produits récoltés. Lorsqu'une telle technique existe déjà, que ce soit par la méthode traditionnelle de séchage à l'air libre ou à l'aide d'un appareil à combustible, ou les deux, on peut définir très clairement l'orientation principale de la recherche. Tous les projets du CEA appartenaient à cette catégorie (tableau 1). Toutefois, la définition de l'orientation de la recherche ne constitue pas en elle-même un indicateur fiable de l'importance relative et de la taille des problèmes à résoudre. Le procédé de séchage n'est qu'une étape dans les activités post-récolte qui, dans le cas des céréales, englobent la récolte, la manutention, le battage, le séchage, l'entreposage et le broyage.

Ainsi, l'une des premières tâches essentielles est d'établir l'importance relative du séchage dans le cycle post-récolte d'un produit donné. En d'autres mots, on doit pouvoir exprimer les pertes post-récolte sous forme d'indicateurs mesurables sur le plan économique, quantitatif, qualitatif et nutritif : on dispose alors d'un élément clé du processus de définition du problème qui amènera à

**Tableau 1.** Produits examinés dans les projets de séchage solaire du CEA.

Pays	Produits	Groupes cibles
Gambie	Riz, poisson	Petits agriculteurs, régions rurales
Ghana	Piments, croustilles de manioc, maïs, haricots, poisson	Petits agriculteurs, régions rurales
Kenya	Café, thé, pyrèthre, maïs	Petits agriculteurs commerciaux, coopératives rurales
Île Maurice	Cultures multiples	Petits agriculteurs
Tanzanie	Pyrèthre, poisson	Petits agriculteurs commerciaux, régions rurales
Ouganda	Maïs, fèves de soya, arachides, poisson, café	Agriculteurs commerciaux
Zimbabwe	Légumes saisonniers	Petits agriculteurs, régions rurales

Source : D'après les renseignements du CSC (1982).

établir les conditions limites du programme de recherche sur le séchage.

Bon nombre des questions importantes ont déjà été posées dans un guide récemment publié (CEC, 1985). Néanmoins, quelques-unes méritent d'être répétées ici à cause de leur pertinence :

- la quantité d'un produit obtenu au cours d'une campagne ou d'une période de récolte dans les régions cibles;
- la nature et le nombre de producteurs de chacun des produits en cause;
- l'estimation des pertes totales post-récolte, y compris celles attribuables au séchage;
- une évaluation de la suffisance des méthodes actuelles de séchage et des possibilités d'amélioration;
- les relations prix-débouchés du produit, y compris les fluctuations saisonnières, les répercussions de la valeur ajoutée par le séchage et la demande potentielle en vue d'un accroissement des productions et
- les coûts des méthodes actuelles de séchage par rapport aux niveaux de revenu et de dépenses des groupes cibles.

Pour le chercheur technique enthousiaste, les réponses à ces questions devraient contribuer à préciser les domaines les plus importants de l'innovation devant mener à une diminution des pertes post-récolte. Ainsi, bien que l'on dispose de peu de sources d'information sur la répartition des pertes entre les diverses cultures, une étude de la post-production du riz en Asie du Sud-Est (De Padua, 1974) présente la répartition, typique pour cette région (tableau 2).

**Tableau 2.** Estimations des pertes post-récolte de riz en Asie du Sud-Est d'après une récolte de 100 kg.

Étape	Perte en pourcentage	Poids du produit résiduel (kg)	Perte réelle de poids (kg)
Récolte	1-3	97-99	1-3
Manutention	2-7	90-97	2-9
Battage	2-6	85-95	2-12
Séchage	1-5	81-94	5-14
Entreposage	2-6	76-93	3-18
Broyage	2-10	68-90	3-25

Source : Chiffres adaptés de De Padua (1974).

Comme les pourcentages de perte aux diverses étapes s'accroissent, l'entreposage et le broyage posent sans doute le plus grand défi à une innovation technologique post-récolte, du moins en Asie du Sud-Est, le séchage arrivant en troisième place. Ce qu'il importe de souligner, c'est que même si la répartition des pertes de riz diffère en Afrique, on peut établir l'importance relative d'une technique améliorée de séchage en se basant sur les quatre indicateurs d'évaluation sans disposer des mêmes renseignements de base que ceux qu'a fournis De Padua (1974).

Bien sûr, lorsque le séchage représente une activité principale après la récolte, comme pour le cas du pyrèthre, il n'est peut-être pas nécessaire d'améliorer cette étape. Quoi qu'il en soit, il n'en reste pas moins important de connaître les données de base sur les pratiques actuelles de séchage afin de s'assurer que les améliorations recherchées ne trouveront pas meilleure réponse que par l'apport d'une nouvelle technique solaire. C'est sans doute aux politiques de récolte et d'achat en place à l'heure actuelle que l'on peut attribuer les plus fortes pertes. Par exemple, on pourrait diminuer radicalement les pertes post-récolte dans la production de pyrèthre si l'on décidait de centraliser les achats du produit humide, au lieu de s'adresser à des agriculteurs de subsistance, car ce produit serait alors séché dans des conditions hautement contrôlées. C'est d'ailleurs ce qui s'est passé en Tanzanie. Le problème des chercheurs consistait à trouver la meilleure façon de fournir l'énergie nécessaire au séchage contrôlé. Même dans ce cas, il n'en demeure pas moins important de définir le problème de séchage de manière à pouvoir évaluer les avantages (c.-à-d. la valeur ajoutée) d'une nouvelle méthode d'achat et à fixer le niveau d'acceptabilité des coûts de toute nouvelle technique de séchage proposée. En d'autres mots, si l'on peut ramener le problème à un choix entre plusieurs sources d'énergie, les coûts minimums cibles des sources de remplacement devront être ceux qui préserveront la valeur du produit séché. Cela revient à dire que si les coûts de l'option solaire sont de loin supérieurs à la valeur des produits "préservés", la solution offerte ne convient pas même s'il s'agit de la meilleure innovation technique ou scientifique.

Au coeur du processus de définition des problèmes de la recherche se trouve la question qui est implicite dans le titre de la présente communication, et chaque équipe de chercheurs doit établir la crédibilité d'une stratégie orientée sur l'amélioration des techniques de séchage solaire. La tâche peut être plus aisée dans certains cas que dans d'autres, par exemple chercher des solutions de rechange aux procédés mécanisés actuels d'approvisionnement d'énergie lorsque l'évaluation commerciale de leur viabilité est réduite à une compétitivité techno-économique des diverses options. Lorsque le cas n'est pas aussi évident, plus particulièrement dans les rapports avec les collectivités d'agriculteurs de subsistance dans un milieu économique informel, l'option de l'innovation technologique ne peut réellement être examinée qu'à la toute fin du processus de définition des problèmes de la recherche. En effet, la nécessité d'une telle approche prend une importance beaucoup plus grande à l'heure actuelle, depuis que la "crise du pétrole" a été maîtrisée, et on ne peut plus désormais assumer le rôle que l'on s'était donné d'ouvrir la voie à un nouvel avenir plus prometteur sur le plan de l'énergie.

## Identification des bénéficiaires

Ce sont les problèmes de prix et d'approvisionnement des marchés en pétrole dans les années 70 qui ont donné l'élan nécessaire à toute cette masse de R&D sur les séchoirs solaires. Pour cette raison, les gouvernements de beaucoup de pays en développement, les organismes d'aide internationaux et les chercheurs ont posé comme unique hypothèse que toute activité qui avait pour but d'accroître ou de diversifier les choix en matière d'approvisionnement d'énergie profiterait à long terme au pays. Il n'était donc pas aussi nécessaire de justifier par des raisons économiques la mise au point de techniques faisant appel à des énergies renouvelables, puisque cela allait de soi. Il n'y avait qu'à élaborer rapidement des solutions techniques innovatrices pour effacer tous les problèmes à l'avenir.

Malgré l'infusion massive de ressources humaines, institutionnelles et financières dans les projets techniques, il était toujours clair, cependant, que chaque pays allait avoir, à la longue, à choisir la technique qui lui permettrait de réaliser au mieux ses objectifs socio-économiques en matière de développement, surtout lorsque plusieurs projets démontraient la possibilité de réduire la dépendance du pays à l'égard des importations d'énergie. Malheureusement, cette idée générale laissait également entendre que les pays exportateurs de pétrole n'avaient aucunement besoin d'approfondir les recherches sur les énergies renouvelables parce qu'ils disposaient déjà d'une base d'approvisionnement garanti en énergie.

Toutefois, sans tenir compte du climat dans lequel baignaient les activités de la R&D, le principal facteur dans le processus de décision de tout groupe cible devient l'organisation et l'utilisation optimums des ressources disponibles de manière à accomplir les objectifs fixés. C'est d'ailleurs la même démarche pour un pays, dont la préoccupation est le bien-être global du groupe, pour une entreprise commerciale ou pour un particulier qui désirent maximiser leur patrimoine, que ce soit sous forme de bénéfices ou d'une qualité de vie améliorée.

Les gouvernements qui appuient la R&D sur le séchage solaire peuvent avoir pour objectif de trouver de nouvelles sources d'énergie, habituellement locales, pour répondre à leurs besoins socio-économiques actuels et prévus, ou ce pourra être même dans l'idée altruiste de chercher à accroître la quantité et la qualité des approvisionnements alimentaires dans les régions rurales du pays. Quel que soit l'objectif, il devra être évalué dans le contexte de son utilisation optimum des ressources et, à cause des incertitudes qu'entraîne la quantification du bien-être du groupe, il est d'usage de procéder par l'intermédiaire de groupes cibles d'entreprises ou de particuliers plus facilement quantifiables. Même si la plupart des travaux de R&D recevront l'aide financière de l'État, il conviendra de bien définir le groupe cible : grandes exploitations agricoles commerciales, petits agriculteurs ruraux de subsistance et coopératives agricoles rurales (tableau 1).

Quelle que soit la composition du groupe cible, la liste suivante de questions influera sur l'attrait potentiel des séchoirs solaires :

- Le séchoir solaire augmentera-t-il la production du groupe cible

si les facteurs de production restent les mêmes, p. ex., diminuer les pertes post-récolte par un séchage plus efficace?

- Si l'on doit faire de nouveaux investissements pour obtenir des avantages accrus du séchoir solaire innovateur, ces avantages supplémentaires seront-ils supérieurs à l'investissement nécessaire, p. ex., y aura-t-il des débouchés pour écouler la quantité supplémentaire de produits obtenue à cause du nouveau séchoir?
- Si le groupe cible tire déjà des avantages optimums de ses activités actuelles, un investissement dans les séchoirs solaires lui sera-t-il plus avantageux en lui ouvrant de nouveaux marchés, p. ex., la nouvelle technique lui permettrait-elle d'augmenter la production primaire ou pourrait-elle même offrir de nouveaux débouchés comme l'utilisation par d'autres producteurs de la capacité excédentaire du séchoir?

À la base de toutes ces considérations, il faut bien convenir que les groupes cibles ne perçoivent pas nécessairement la valeur d'une technique de séchage solaire comme découlant nécessairement de son potentiel sur le plan des économies d'énergie ou de la substitution des importations. Cette perception se fonde avant tout sur les occasions d'accroissement de la richesse qu'elle fait miroiter. L'option d'approvisionnement d'énergie devient uniquement intéressante lorsque la nouvelle technique remplace directement une méthode moins rentable. Bien sûr, la mesure de rentabilité pourrait tenir compte des avantages accrus découlant d'un approvisionnement d'énergie garanti qu'offrirait l'option solaire. Ainsi, pour beaucoup d'agriculteurs commerciaux recourant déjà à une forme quelconque de technique de séchage mécanisée fonctionnant à l'aide d'un combustible, le caractère sécuritaire de l'approvisionnement en combustible, y compris la hausse des coûts, pourrait façonner leur propre perception d'une crise nationale de l'énergie.

En deux mots, les technologues doivent présenter des solutions intéressantes aux groupes cibles en se basant en grande partie sur les besoins de ces groupes. Il serait futile d'offrir des séchoirs mécaniques de dernier cri à des agriculteurs qui utilisent en grande partie le séchage à l'air libre à moins que les avantages potentiels de l'investissement demandé et de la technicité opérationnelle du séchoir ne ressortent déjà clairement. Parallèlement, il ne serait pas nécessaire d'effectuer une étude de faisabilité techno-économique très détaillée pour substituer un combustible à un autre dans une exploitation agricole commerciale. Dans ce cas, il n'y aurait besoin que d'évaluer tous les coûts et les avantages prévus et d'aller de l'avant seulement lorsque les avantages potentiels dépassent les coûts de l'investissement supplémentaire dans l'innovation technologique.

Le cas suivant illustre quelques-unes des grandes questions que nous venons de soulever.

### Étude de cas

Un agriculteur rural exploitant une ferme de taille moyenne produit 500 kg de maïs par année qu'il met à sécher à une température de 27°C afin d'obtenir une teneur en eau de 13 % favorable à l'entreposage. Le maïs se négocie à 10 \$ le kg sur le marché alors

que le prix de détail du mazout s'établit à 2 \$ le litre et qu'il augmente de 10 % par année. (Nota : bien qu'on utilise le symbole du dollar, il pourrait s'agir de n'importe quelle devise). La consommation annuelle de combustible s'élève à 500 L. L'agriculteur possède un séchoir mécanique alimenté au mazout. Cependant, à cause de la forte hausse des prix et des approvisionnements de combustible de plus en plus incertains, l'agriculteur songe à acquérir des séchoirs solaires pour remplacer la technique de séchage qu'il emploie actuellement. On lui offre deux modèles : le premier est un séchoir à convection naturelle qui, pour un investissement de 10 000 \$, remplacera totalement le séchoir à mazout; le second, qui est un séchoir à convection forcée à piles photovoltaïques, coûte 50 000 \$ mais peut sécher jusqu'à 7 500 kg de maïs.

L'agriculteur a deux choix en ce qui concerne la capacité non utilisée du séchoir perfectionné :

- augmenter sa production annuelle à 7 500 kg à un coût supplémentaire de 5 000 \$ par année ou
- louer à d'autres producteurs la capacité excédentaire à raison de 3 \$ le kg.

Comme le plus simple des deux séchoirs est construit entièrement à partir de matériaux locaux, la Banque nationale de développement agricole peut lui consentir un prêt à un taux d'actualisation de 8 %, comparativement à un taux moyen de 10 % ailleurs au pays. Toutefois, comme il faut importer les modules du système à piles photovoltaïques, le taux d'actualisation du prêt s'élève à 15 %. Par contre, étant donné que le deuxième séchoir offre la possibilité d'accroître la production de céréales, ce qui réduirait le niveau actuel des importations, le ministère de l'Agriculture offre une subvention de 9 500 \$ par année à l'agriculteur s'il accroît sa propre production, et de 4 500 \$ par année s'il met son séchoir à la disposition d'autres agriculteurs. Les frais annuels d'exploitation et d'entretien totalisent 500 \$ dans le cas des séchoirs solaires conventionnels et à convection naturelle et à 1 500 \$ pour chacun des séchoirs à convection forcée.

La durée de vie économique du séchoir simple est de 12 ans (ce qui correspond à la durée de vie économique utile du système mécanique) alors que celle du système à piles photovoltaïques est de 15 ans. Tout le matériel n'aura aucune valeur résiduelle à la fin de sa durée de vie opérationnelle.

Laquelle des quatre options serait la plus avantageuse pour l'agriculteur ?

### Solution

Pour tenir compte de la valeur temporelle de l'argent, qui est un facteur important lorsqu'on évalue la faisabilité d'un projet à long terme, on utilise la méthode de la valeur actualisée nette (VAN) pour actualiser tous les coûts et avantages prévus de chacune des années d'exploitation du projet. La méthode de VAN suppose un taux d'actualisation minimum souhaitable qui rend le projet acceptable. Tous les fonds autogénérés à venir sont actualisés à l'aide des taux

indiqués et le projet présentant la VAN la plus importante est choisi comme le plus attrayant (voir CSC, 1986, chapitre 19).

À l'aide des données financières et opérationnelles de base des quatre modèles de séchoir (tableau 3), on a déterminé la VAN des diverses options (tableau 4) selon les taux d'actualisation appropriés en se servant des facteurs d'actualisation paraissant dans les tables courantes.

L'évaluation révèle que le séchoir à piles photovoltaïques (séchoir solaire à convection forcée) destiné à accroître la production agricole générerait les bénéfices les plus importants (431 089 \$) même s'il nécessite aussi la plus forte mise de fonds en termes de matériel et de nouvelles installations de production. Au deuxième rang se classe le séchoir solaire à convection naturelle

**Tableau 3.** Données opérationnelles et financières relatives aux divers séchoirs.

	Types de séchoir			
	Conven- tionnel	À convection naturelle	À convection forcée	
			Production accrue	Capacité louée
Rendement en termes de produit (kg)	5 000	5 000	7 500	7 500
Ventes des produits (\$)	50 000	50 000	75 000	50 000
Stimulants annuels (\$)	--	--	9 500	4 500
Autre revenu (\$)	--	--	--	7 500
Coût en capital du matériel (\$)	--	10 000	50 000	50 000
Frais annuels d'explo- itation (\$)	500	500	1 500	1 500
Consommation de mazout (L)	500	--	--	--
Durée de vie du matériel (années)	12	12	15	15
Taux d'actualisation (%)	--	8	15	15
Taux annuel d'augmentation du prix du mazout (%)	10	--	--	--
Valeur résiduelle du matériel (\$)	0	0	0	0

**Tableau 4.** Valeurs actualisées nettes des diverses options.

Option	Valeur actualisée nette (\$)
Séchoir conventionnel	326 372
Séchoir solaire à convection naturelle	363 032
Séchoir solaire à convection forcée	
Production accrue	431 089
Capacité louée	328 762

Source : Annexe, tableaux 6 à 9.

(353 032 \$) qui vaut la peine d'être examiné si l'agriculteur ne peut obtenir le cautionnement nécessaire au prêt qu'il doit contracter. Le séchoir à convection forcée avec possibilité de location de la capacité excédentaire ne présente qu'un avantage marginal sur le séchoir conventionnel à mazout (328 762 \$ contre 326 372 \$). Il est donc douteux que l'agriculteur puisse être persuadé de convertir son séchoir à mazout en un séchoir solaire simplement sur l'hypothèse qu'une pénurie de mazout pourrait survenir à l'échelle nationale, surtout que les avantages découlant de l'investissement supplémentaire sont si peu importants lorsqu'on les compare aux coûts, aux risques et à la complexité technique d'une conversion.

À la longue, on doit pouvoir être en mesure d'exprimer toutes les priorités nationales sous forme d'avantages concrets pouvant se calculer en termes financiers de manière que les groupes ou particuliers cibles puissent faire leur choix d'après les gains qu'ils s'attendent de réaliser avec l'une ou l'autre des options. Il y a plusieurs points assez complexes à examiner dans une évaluation de ce genre, l'accroissement de l'efficacité technologique en matière d'énergie intervenant pour l'un d'eux. Il convient de bien définir et de bien comprendre le milieu social et économique dans lequel la technologie doit s'insérer afin de pouvoir établir l'utilité de chaque innovation technologique.

#### **La R&D comme moyen de satisfaire les besoins perçus**

Nous avons tenté de faire ressortir l'importance d'établir un cadre contextuel convenable pour circonscrire et résoudre les problèmes de séchage post-récolte éprouvés par les groupes d'utilisateurs cibles. La mise en place d'un programme de R&D bien défini et surtout la combinaison judicieuse des compétences humaines à chaque étape de l'exercice constituent la clé du succès. Jusqu'ici, ce sont les technologues qui ont été les plus motivés à lancer des études de R&D sur le séchage solaire des récoltes et on s'attend à ce qu'ils apportent une contribution importante aux solutions qui reposeront sur l'innovation technologique. Cependant, à moins que les technologues n'orientent leur compétence et leur talent vers des aspects particuliers de ce problème multiple, on est presque certain de se retrouver avec des techniques en quête de problèmes inexistantes ou mal posés.

**Tableau 5.** Cadre conceptuel d'un programme de R&D sur le séchage solaire des récoltes.

Étape	Fonction objective	Ingenieurs	Utilisateurs finals	Industriels	Economistes	Sociologues	Agronomes	Vulgarisateurs	Planificateurs	Biochimistes	Entrepreneurs	Spécialistes en science alimentaire
1	Enquêtes post-récolte	Ma	M	A	M	C	A					
2	Définition des groupes cibles	A	M	M	C	M	A	A	C			
3	Établissement des données repères sur les caractéristiques des récoltes et les paramètres du séchage	C	A				A			M		M
4	Conception et évaluation des techniques expérimentales	C	M	M	A	A		A				
5	Évaluation et essai sur le terrain des prototypes industriels	C	A	M	M	A		A				
6	Fabrication et diffusion des séchoirs industriels	A	M	C	A						M	

a C = chef d'équipe; M = membres clés de l'équipe, et A = autres membres de l'équipe.

Il est nécessaire d'incorporer les compétences possibles du technologue à celles de l'équipe multidisciplinaire et de déterminer le rôle principal de cette équipe à chaque étape du processus de R&D d'après les fonctions objectives particulières abordées à ce moment (tableau 5). Lorsqu'on met en place le cadre conceptuel d'un programme de R&D sur le séchage solaire, on doit faire correspondre les fonctions objectives de chaque étape à une équipe de chercheurs appropriée pour ensuite identifier les membres clés ou les compétences nécessaires à la tâche qui s'annonce.

Un tel cadre est presque assuré de soulever la critique et sera sans aucun doute soumis à un examen rigoureux tant au moment d'ordonnancer les étapes qu'à celui d'établir l'importance implicite des différentes compétences aux diverses étapes. Néanmoins, il faut essayer de le mettre en place, car c'est une condition préalable à l'établissement d'un programme de R&D sur le séchage solaire qui répondra aux besoins perçus des groupes cibles et, du même coup, offrira aux technologues le défi scientifique et le stimulant de l'innovation. Un programme qui repose sur le regroupement et l'utilisation optimum de compétences spécialisées à l'intérieur d'une équipe de chercheurs multidisciplinaire est la meilleure façon de s'assurer qu'il ne débouchera pas indirectement, situation malheureuse mais beaucoup trop fréquente, sur un séchoir présentant une supériorité technique et des innovations géniales, mais pour cela il faut que les groupes cibles modifient leurs besoins en conséquence ou que l'on ramène l'investissement nécessaire à la portée des groupes en question.

**Remerciements** -- Nous remercions de leur aide financière le Commonwealth Science Council et la British Overseas Development Administration.

### Bibliographie

- CSC (Commonwealth Science Council). 1980. African Energy Programme Project Group Meeting, 20-26 September 1979, Anoha, Tanzania. CSC, Londres, R.-U. AEP Reports 1 and 2.
- \_\_\_\_\_ 1982. African Energy Programme Workshop on Solar Crop Drying. 11-13 October 1982, Nairobi, Kenya. CSC, Londres, R.-U. AEP Reports 8 and 9.
- \_\_\_\_\_ 1985. Solar dryers: Their role in post-harvest processing. CSC, Londres, R.-U.
- \_\_\_\_\_ 1986. Renewable energy development in Africa: Proceedings of the international conference on R&D for renewable energy technologies in Africa, 25 au 29 mars 1985. CSC, Londres, R.-U.
- De Padua, D.B. 1974. Post-harvest rice technology in Indonesia, Malaysia, The Philippines, and Thailand: a state of the art survey. Centre de recherches pour le développement international, Ottawa (Ontario), Canada.

## Annexe

**Tableau 6.** Analyse<sup>a</sup> de la valeur actualisée nette, dans une unité monétaire factice, du séchoir solaire à convection forcée offrant un accroissement de la production.

Année	Coûts en cap.	Frais d'expl.	Coûts totaux	Total des bénéfices	Bénéfices nets	Facteur d'actualisation	Valeur actualisée
0	25 000	--	25 000	0	-25 000	1,0000	-25 000
1	5 000	8 000	3 000	75 000	78 000	0,8696	67 829
3	5 000	8 000	3 000	75 000	78 000	0,7561	58 976
4	5 000	8 000	3 000	75 000	78 000	0,6575	51 285
5	5 000	8 000	3 000	75 000	78 000	0,5718	44 600
6	5 000	8 000	3 000	75 000	78 000	0,4972	38 782
7	5 000	8 000	3 000	75 000	78 000	0,3759	29 320
8	5 000	8 000	3 000	75 000	78 000	0,3269	25 498
9	5 000	8 000	3 000	75 000	78 000	0,2843	22 175
10	5 000	8 000	3 000	75 000	78 000	0,2472	19 282
11	5 000	8 000	3 000	75 000	78 000	0,2149	16 762
12	5 000	8 000	3 000	75 000	78 000	0,1869	14 578
13	5 000	8 000	3 000	75 000	78 000	0,1623	12 675
14	5 000	8 000	3 000	75 000	78 000	0,1413	11 021
15	5 000	8 000	3 000	75 000	78 000	0,1229	9 586

<sup>a</sup> Coûts totaux = coûts en capital + frais d'exploitation; bénéfices nets = total des bénéfices - coûts totaux; valeur actualisée = bénéfices nets x facteur d'actualisation.

Tableau 7. Calcul de la valeur actualisée nette, dans une unité monétaire factice, du séchoir conventionnel.

Année	Coûts du combustible par litre	Frais opérationnels	Bénéfices nets	Facteur d'actualisation	Valeur actualisée
0	--	--	--	1,0000	--
1	2,00	1 500	48 500	0,9091	44 091
2	2,20	1 600	48 400	0,8264	39 998
3	2,42	1 710	48 290	0,7513	36 280
4	2,66	1 831	48 169	0,6830	32 899
5	2,93	1 963	48 037	0,6209	29 826
6	3,22	2 112	47 888	0,5645	27 033
7	3,54	2 271	47 729	0,5132	24 495
8	3,87	2 441	47 559	0,4665	22 186
9	4,28	2 640	47 360	0,4241	20 085
10	4,71	2 855	47 145	0,3855	18 174
11	5,18	3 090	46 910	0,3505	16 442
12	5,70	3 350	46 650	0,3186	14 863

**Tableau 8.** Calcul de la valeur actualisée nette, dans une unité monétaire factice, du séchoir solaire à convection naturelle.

Année	Bénéfices nets	Facteurs d'act.	Valeur actualisée
0	-10 000	1,0000	-10 000
1	49 500	0,9259	45 832
2	49 500	0,8573	42 436
3	49 500	0,7938	39 293
4	49 500	0,7350	36 383
5	49 500	0,6806	33 690
6	49 500	0,6302	31 195
7	49 500	0,5835	28 883
8	49 500	0,5403	26 745
9	49 500	0,5002	24 760
10	49 500	0,4632	22 928
11	49 500	0,4289	21 231
12	49 500	0,3971	19 656

**Tableau 9.** Calcul de la valeur actualisée nette, dans une unité monétaire factice, du séchoir solaire à convection forcée avec possibilité de louer la capacité excédentaire.

Année	Bénéfices nets	Facteurs d'act.	Valeur actualisée
0	-25 000	1,0000	-10 000
1	60 500	0,8696	52 611
2	60 500	0,7561	45 745
3	60 500	0,6575	39 779
4	60 500	0,5718	34 594
5	60 500	0,4972	30 081
6	60 500	0,4323	26 154
7	60 500	0,3759	22 742
8	60 500	0,3269	19 777
9	60 500	0,2843	17 200
10	60 500	0,2472	14 956
11	60 500	0,2149	13 001
12	60 500	0,1869	11 307
13	60 500	0,1625	9 831
14	60 500	0,1413	8 549
15	60 500	0,1225	7 435