

PARTIE I

Structures de stockage

Président de séance : M. GILLIQUET

1

Pourquoi stocker ?

S. NTSAM

*Chef du Service Provincial de l'Agriculture. Province de l'Adamaoua. N'Gaoundéré.
Cameroun*

Résumé

La nécessité de stocker les céréales procède de plusieurs facteurs, dont le principal est l'étalement de la consommation de denrées récoltées ponctuellement dans l'année. S'y ajoutent de nombreux facteurs socio-économiques dont l'importance pour le revenu des paysans est énorme.

Les pertes en cours de stockage doivent être évaluées. Plusieurs méthodes d'investigation scientifique sont décrites et le mode opératoire est détaillé.

Enfin l'auteur passe en revue les grands types de structures de stockage utilisées en Afrique.

Introduction

Le premier problème posé par le déficit en céréales de la plupart des pays africains semble tout d'abord être l'aptitude à produire. A y regarder de plus près, on constate qu'entre une récolte localisée sur un laps de temps très court, et une consommation annuelle, une partie non négligeable (certains auteurs parlent de plus de 30 %) des grains disparaît à la suite de diverses dégradations. Le stockage n'est donc pas une opération neutre.

De quoi dépend le besoin de stocker ? Quelles sont les méthodes de stockage les mieux adaptées ? Peut-on évaluer les pertes pendant cette période plus ou moins longue ?

Nécessité du stockage

La nécessité de stocker les produits récoltés est fonction d'un certain nombre de facteurs :

La nature du produit : durable ou périssable. Les céréales, produits durables s'ils ont été récoltés dans de bonnes conditions, paraissent particulièrement aptes au stockage. La variété récoltée est une variable essentielle.

La destination du produit : céréale pour l'alimentation (humaine ou animale), spéculation, semence.

La quantité récoltée : de ce facteur dépend la part autoconsommée et la part commercialisable.

Sa durée de conservation : qui dépend fortement des conditions de stockage. Quantité et durée permettent de déterminer la structure nécessaire.

La fonction des structures de stockage des céréales est donc multiple :

Préserver avec le maximum de sécurité contre les dégradations physiques, chimiques et biologiques.

Empêcher ou minimiser les attaques de l'insectofaune granivore.

Assurer la régularité de l'approvisionnement des familles ou des marchés jusqu'à la prochaine récolte.

Apporter une plus-value aux agriculteurs en période de forte demande.

Pourquoi devons-nous évaluer les pertes au cours du stockage ?

L'identification des pertes permet la reconnaissance du prédateur et de son écologie. Elle induit donc la mise en place d'une stratégie de lutte.

Le chiffrage des pertes permet également d'adapter les surfaces cultivées aux quantités réelles disponibles pour la consommation. Cet aspect est d'autant plus important lorsque l'agriculture passe d'une production de subsistance à une production de vente.

Les pertes pendant le stockage doivent donc être prises en compte dans les calculs économiques qui suivent une campagne. Elles peuvent s'exprimer en termes monétaires.

Une partie des céréales stockées étant réutilisée comme semences, la connaissance de la biologie des ravageurs permet d'en limiter la propagation lors des semis.

Évaluation des pertes

Les pertes peuvent être *directes* (dégradations physico-mécaniques lors de la récolte ou des transferts) ou *indirectes*, entraînant une baisse de qualité alimentaire du produit.

Méthodologie d'évaluation

Etant donné les quantités récoltées, une évaluation des pertes ne peut être réalisée que par un *échantillonnage*.

Pourquoi stocker ?

On admet généralement que dans une récolte inférieure à 100 sacs, il convient d'examiner 10 % du lot, soit 10 sacs. Si N est supérieur à 100 sacs, on examine $n = \sqrt{N}$ sacs.

Plusieurs méthodes d'investigation ont été décrites :

Méthode du volume standard poids

Elle repose sur la comparaison avant stockage et après un temps t de stockage du poids sec d'un volume standard de grains.

Cela suppose que les principales pertes pondérales se font sans déformation du grain. Il s'agit donc d'une méthode bien adaptée à la mesure des dégradations internes.

Afin d'éliminer l'influence du facteur humidité, il est recommandé de disposer d'une courbe de référence fonctionnelle : poids sec d'un volume de référence vs humidité pour chaque variété stockée.

Méthode de comptage et de pesée

Elle consiste à tirer un échantillon de 100 à 1000 grains endommagés, dont on compare le poids à celui qu'il aurait eu avec des grains sains.

$$\Delta m \% = \frac{[U_a \cdot N - (U + D)] \times 100}{U_a N}$$

$\Delta m \%$ = pourcentage de perte pondérale.

U_a = poids moyen d'un grain sain.

N = nombre de grains de l'échantillon.

U = poids de la fraction saine.

D = poids de la fraction dégradée.

La perte de poids peut également s'exprimer en fonction du nombre de grains sains (N_u) et de grains endommagés (N_d), ce qui évite d'utiliser le poids moyen d'un grain sain.

$$\Delta m \% = \frac{(U \cdot N_d - D \cdot N_u)}{U(N_d + N_u)} \times 100$$

La méthode suppose une certaine uniformité de l'attaque. Elle pose de nombreux problèmes dans le cas où le ravageur a une préférence marquée pour certains types de grains.

Par ailleurs, un grain en apparence sain peut avoir subi une infestation cachée. Les pertes sont alors sous-estimées.

Mode opératoire

L'opérateur réalise une «fiche de relevé d'échantillon» (Tableau I) permettant de faire apparaître sélectivement :

- les dommages causés par les insectes
- les dommages causés par les moisissures
- la teneur en eau (méthode de l'étuve sur grain moulu ou entier).

Tableau I. Fiche de relevé d'échantillon.

Identification de l'échantillon: date: opérateur:	
Teneur en eau: Poids: Insectes observés: Remarque:	
Nombre total de grains	$N =$
Nombre de grains endommagés par les insectes	$I =$
Nombre de grains endommagés par les moisissures	$M =$
Nombre de grains doublement endommagés	$N_d =$
Nombre total de grains endommagés	$b = I + M + N_d =$
Nombre total de grains sains	$N_u =$
Poids des grains attaqués par les insectes	$J =$
Poids des grains attaqués par les moisissures	$O =$
Poids des grains doublement attaqués	$K =$
Poids total de la fraction endommagée	$D = J + O + K =$
Poids total de la fraction saine	$U =$
Poids moyen d'un grain sain	$U_a =$
Dommmages causés:	
dommmages causés par les insectes (%)	$= \frac{100(I + N_d)}{N} =$
dommmages causés par les moisissures (%)	$= \frac{100(M + N_d)}{N} =$
Perte de poids:	
	$\Delta m \% = \frac{[U_a \cdot N - (U + D)] \times 100}{U_a N} =$
ou	$\Delta m \% = \frac{(UN_d - DN_u) \times 100}{U(N_d + N_u)} =$

Structures de stockage

Une structure de stockage est une enceinte appropriée dont la finalité est de *contenir* et *pré-server* les denrées pendant une durée donnée.

Dans le cas des céréales, que le stockage soit paysan ou commercial, quatre structures ont été identifiées :

- les greniers traditionnels (stockage domestique)
- les cribs améliorés (à la ferme ou communautaires)
- les silos (stockages centralisés)
- les magasins (stockage commercial, administratif ou privé).

Pourquoi stocker ?

Ces quatre types de structure répondent à des cahiers des charges adaptés en terme de coûts et d'échelle en particulier.

A l'intérieur de la structure, les céréales peuvent être conditionnées en sacs ou en vrac.

Stockage en sacs

La conservation est notablement améliorée si le sac en toile de jute est doublé intérieurement par un sac plastique. Les entrepôts doivent être exempts d'infestation et le produit doit être sec. Le tableau II donne les humidités recommandées pour diverses céréales.

Tableau II

Céréale	Stockage sur 1 an HR %	Stockage sur 5 ans HR %
Sorgho	13	10-11
Maïs	13	10-11
Riz	12-13	11-12

La capacité d'un entreposage en sac est donnée par :

$$C = S \cdot H \cdot D \cdot F$$

- où S est la surface utile (m^2)
H, la hauteur de la pile (m)
D, la masse volumique (kg/m^3)
F, le facteur d'utilisation (toujours < 1).

Stockage en vrac

Ce type de stockage exige des contraintes particulières de la structure :

- étanchéité
- élimination de la condensation
- contraintes de pression
- contrôle de l'atmosphère et de la température.

Quelques types originaux de structures de stockage

Types extrême-Nord (zone sahélienne)

Le grenier pour homme.

dalle en pisé, 3 compartiments

1 : sorgho

2 et 3 : autres céréales

Les greniers pour femme.

Types Beti-Bassa (zone tropicale humide)

Séchage sur treillis avec feu

Type Adanaoua (zone semi-aride)

Forte infestation, conservation de courte durée.

2

Rôle et importance d'une organisation de marché dans une politique de conservation et de transformation des céréales

P. CASAGRANDE, C. GUIBOURG

Office National Interprofessionnel des Céréales (ONIC), 21 avenue Bosquet, 75007 Paris, France

Résumé

L'objectif de la communication vise à rappeler le rôle et l'importance d'une organisation de marché et de son bon fonctionnement dans une politique visant à améliorer la conservation et la transformation des céréales.

En particulier, la régulation des marchés nécessite une maîtrise et un développement du stockage dont la fonction de base est de réguler l'offre dans le temps et dans l'espace, par rapport à une demande relativement constante.

Le passage d'une économie céréalière d'autosubsistance à une économie de plus en plus marchande, et le contexte de libéralisation des marchés céréaliers observé dans certains pays d'Afrique sont des conditions nouvelles à prendre en compte dans une politique de stockage.

Les instruments des politiques céréalières (prix garantis, intervention directe des offices dans la commercialisation) mis en place aux lendemains des indépendances ne répondent que partiellement aux besoins du marché.

La libéralisation souhaitée ou mise en œuvre dans certains pays d'Afrique s'inspire de ce constat. Elle devrait reposer globalement sur :

- une plus grande participation des groupements de producteurs et des commerçants dans le marché
- une redéfinition du rôle des offices céréaliers

A partir d'exemples empruntés à des situations parfois fort différentes (France, Etats-Unis, Mali, Burkina-Faso), la communication montre que dans une politique de libéralisation contrôlée et progressive, la régulation des marchés, corollaire indispensable à une politique de conservation et de transformation des céréales, nécessite :

1. Un développement du stockage du secteur non public (groupements de producteurs, commerçants)
2. La mise en place d'une gestion indirecte du marché par les Offices.

Introduction

L'objectif de la présente communication vise à rappeler l'importance et le rôle d'une organisation de marché et de son bon fonctionnement dans une politique de conservation et de transformation des céréales. Le stockage est un des maillons d'une (des) filière(s) céréalière(s) dont la fonction de base est la régulation de l'offre d'un produit, dans le temps et dans l'espace, par rapport à une demande relativement constante.

L'article s'appuie sur l'hypothèse que le relatif succès de la régulation des marchés céréaliers observée dans les pays du Nord (CEE, Etats-Unis...) par l'ajustement de l'offre à la demande n'a pas été le fruit d'un hasard mais la conjonction de plusieurs volontés et facteurs historiques, politiques et techniques.

L'article tente de rappeler et d'étudier ces facteurs et, à la lueur de cette analyse, suggère quelques points sur lesquels les Gouvernements africains et la Coopération Internationale devraient orienter ou renforcer leurs actions, pour parvenir à une plus grande régulation des marchés céréaliers et à la maîtrise du stockage, en particulier à travers :

- le développement du stockage du secteur non public,
- la redéfinition du rôle des Offices céréaliers par une gestion indirecte du marché.

Développement du stockage et libéralisation du marché

Rappel des caractéristiques du stockage céréaliier en régions chaudes et de ses évolutions récentes

Il convient en premier lieu de rappeler brièvement les principales caractéristiques du stockage céréaliier et de ses évolutions récentes. Celles-ci dépendent, bien évidemment, étroitement de la place qu'occupent les céréales dans la production alimentaire des Etats. La plupart des exemples cités dans cette communication concernant les régions chaudes sont empruntés aux Etats sahéliens (Burkina-Faso ou Mali) où les céréales constituent la production vivrière de base, largement dominante.

Une présentation des caractéristiques du stockage et de ses évolutions aux différents niveaux de la filière est faite à partir de l'exemple du Burkina-Faso.

Importance du stockage paysan

Bien que peu de travaux existent sur l'évaluation des stocks paysans individuels, les quelques estimations faites à ce sujet montrent l'importance de ce stockage.

Tableau I

Niveau de la filière Capacités de stockage en T				Production (mil, sorgho, maïs)
Paysans (greniers)	Banques de céréales	Commerçants	OFNACER	1985/86 : 1,4 Mt
500 000 à 1 000 000	31 000(*)	30 000(**)	108 800(***)	1986/87 : 1,9 Mt

(*) Evaluation des banques de céréales au Burkina-Faso. Ledoux, Guibourg, Fao, 1986.
 (**) Réforme de la politique céréalière: le Burkina-Faso. Club du Sahel, 1986.
 (***) Evaluation qualitative et quantitative des stocks au Burkina-Faso et au Mali. Guibourg, Hochet, ONIC/
 Ministère de la Coopération, août 1987.

Les quantités stockées varient selon les zones de production (excédentaires, déficitaires...) et selon les années. Il est admis que les années de sécheresse 1983 et 1984 ont probablement entraîné une réduction importante des quantités stockées. La méconnaissance actuelle d'une évaluation quantitative des stocks paysans, ainsi que du comportement du producteur par rapport au stockage dans son système de production nuisent à la compréhension du fonctionnement du marché céréalier dans son ensemble.

Augmentation des échanges de céréales entre régions déficitaires et excédentaires
 (suite en particulier aux mauvaises récoltes 1983 et 1984)

Le besoin d'approvisionnement des zones déficitaires a été assuré par des achats de céréales locales des zones excédentaires ou des pays voisins (notamment du maïs du Ghana et de la Côte d'Ivoire) ou par l'aide alimentaire. Ces achats peuvent représenter 50 % de la consommation des régions déficitaires les mauvaises années [2]. Ces besoins d'approvisionnement se sont traduits en particulier par la nécessité pour les paysans d'organiser leurs achats (qui pouvaient avoir lieu à 200 ou 300 km de l'exploitation).

Les Banques de Céréales, organisations villageoises de stockage et de commercialisation des céréales, ont vu ainsi leur nombre augmenter de façon importante. Le Burkina-Faso comptait une soixantaine de banques de céréales en 1978 [1], plus de 600 en 1983 [3], et plus de 1100 en 1985 [4]. Un village sur 5 en est doté. La Banque de Céréales est constituée par un magasin d'une capacité de stockage moyenne de 25-30 T.

Cette nouvelle forme de stockage collectif offrait une capacité de stockage totale de 30 000 T environ en 1986, soit le tiers des capacités de l'OFNACER la même année. Ce développement d'une nouvelle organisation de stockage nous semble poser des conditions nouvelles à prendre en compte en terme d'organisation de marchés et de politique de stockage.

Importance du rôle exercé par les commerçants dans la commercialisation

Bien que peu de données quantitatives existent concernant le marché libre, et bien que ce marché libre, en expansion, reste faible en volume relativement à la production, les quelques indications existant à ce sujet montrent une relative importance en volume du marché libre comparée au marché régulé par l'Office. Ainsi au Burkina-Faso les commerçants estimaient à 100 000 T les quantités ayant transité sur le marché libre en 1986/1987. Le maximum de collecte enregistré par l'OFNACER au prix officiel d'achat auprès des groupements, commerçants et agents de l'OFNACER, était de 39 000 T en 1985/1986 [5].

De même au Mali, le marché libre était estimé à 250/300 000 T en 1986/1987, chiffre très supérieur à celui du marché contrôlé par l'OPAM (60 000 T de collecte en 1986/1987.) [5]

Une plus grande sécurité alimentaire au Sahel par le développement des échanges et du stockage ne peut ignorer ce poids des commerçants dans le fonctionnement des marchés.

En conclusion, le contexte céréalier sahélien observé ces dernières années montre que de nouveaux facteurs, et en particulier le développement des échanges, entraînent des évolutions en terme de fonctionnement de marché qu'il convient de prendre en compte dans une politique de stockage.

Enfin, les politiques de libéralisation des marchés céréaliers souhaitées ou mises en œuvre dans certains pays d'Afrique, dans le cadre ou non du Plan d'Ajustement Structurel (PAS)(*), posent de nouvelles conditions en terme d'organisation de marché et de stockage.

Structure de stockage et circuit de commercialisation

Les relations entre la structure du stockage et le circuit de commercialisation (répartition des capacités entre les différents opérateurs, utilisation de ces capacités, flux commerciaux) sont présentées à propos de l'exemple français qui fournit un exemple intéressant dans la mesure où il s'agit d'un système libéral (toutes les transactions sont libres) mais suffisamment encadré pour assurer la maîtrise de la régulation des marchés.

L'histoire et le fonctionnement actuel de ce système peuvent dans ces conditions alimenter notre réflexion dans un contexte plus large.

Développement d'un stockage «de collecte» en France

On distingue actuellement en France quatre niveaux de stockage correspondant à différents niveaux de la filière céréalière. Il s'agit :

— *du stockage chez les producteurs* des céréales destinées à l'autoconsommation mais aussi des quantités qui ne seront commercialisées qu'en cours de campagne (19 millions de tonnes environ).

— *du stockage «de collecte»* ou primaire, détenu pour 75 % par des coopératives et pour 25 % par des négociants en grains. Il s'agit là d'un réseau très dense, très proche de la production (plus de 7 000 centres) assurant une première mise en marché. Les capacités correspondantes s'élèvent à environ 30 millions de tonnes.

— *du stockage secondaire* destiné à assurer le regroupement et le transit en vue de mouvements interrégionaux et internationaux (stockage portuaire notamment) ou du stockage de longue durée. Ces capacités, de l'ordre de 7 millions de tonnes, sont détenues par différents opérateurs (coopératives, négociants, SICA) et sont souvent utilisées en prestation de service.

— *du stockage des transformateurs* : 2,5 millions de tonnes essentiellement destinées au stock-outil des transformateurs.

Le trait original de cette répartition des capacités de stockage réside dans l'importance du stockage de collecte. Cette importance est directement liée à l'organisation de marché et aux mesures d'accompagnement instituées en 1936.

Seuls les «organismes stockeurs» (coopératives ou négociants) sont habilités à procéder à des achats en culture, à l'exclusion des transformateurs. Ces organismes stockeurs sont habi-

(*) Par exemple, Politique de Restructuration des Marchés Céréalières (PRMC) au Mali et Nouvelle Politique Agricole (NPA) au Sénégal.

lités («agréés») seulement dans la mesure où ils possèdent des capacités de stockage minimales. Ils bénéficient de crédits de campagne pour l'achat des céréales aux producteurs. En contrepartie ils sont tenus d'assurer le paiement comptant des producteurs à la livraison ainsi que de fournir toute information sur les entrées et sorties de leurs magasins.

Parallèlement des subventions de crédit ont permis un développement rapide des capacités de stockage de ces organismes. Ainsi le stockage coopératif est passé de 7 000 tonnes en 1930 à 200 000 tonnes en 1936 et 2 millions de tonnes en 1939.

Enfin les prix fixés tiennent compte du coût du stockage par le biais de majorations mensuelles correspondant à ce coût.

Ce système s'est maintenu jusqu'à nos jours en s'intégrant à l'organisation de marché de la CEE dans laquelle se sont substitués aux prix fixés des prix d'encadrement (prix plancher ou prix «d'intervention» auquel les organismes d'intervention des Etats Membres sont tenus de retirer les céréales du marché en cas de baisse des cours et prix plafond ou prix «de seuil» auquel arrivent sur le marché, après prélèvement, les céréales importées de pays tiers, voir page 15).

Le système a été institué en 1936 pour répondre à la crise du marché sous l'action conjuguée d'excédents de production et d'une faible protection douanière. Il a pu également répondre à des contextes déficitaires durant la guerre de 1939-1945 et l'immédiat après-guerre.

En conclusion deux points méritent d'être soulignés :

- La régulation de l'offre sur le marché implique la possibilité de stocker les céréales entre la récolte (en général ponctuelle, une fois par an) et une consommation étalée sur l'ensemble de l'année.

- Cette possibilité implique des moyens techniques adaptés aux contraintes physiques (humidité des grains, climat, modes de transport...) mais aussi les moyens financiers nécessaires au financement des stocks et à la rémunération de l'activité stockage.

Conclusions et suggestion pour le contexte africain

En vue de parvenir à une plus grande sécurité alimentaire dans les pays africains, en particulier par un développement des échanges de céréales locales entre régions excédentaires et déficitaires, et à la lueur des expériences décrites au chapitre précédent, les suggestions suivantes sont portées à l'attention des représentants des Gouvernements africains et de la Coopération Internationale.

1. Contribuer au développement de capacités de stockage du secteur non public (Groupements de producteurs, commerçants).

L'augmentation des capacités de stockage simples et adaptées aux besoins est nécessaire en particulier à deux niveaux de l'organisation (Groupements de producteurs et commerçants).

Sans rentrer dans le détail, et sans en faire l'objet du débat, il nous semble toutefois qu'un des aspects essentiels de ces techniques doit être leur facilité d'emploi, leur faible coût, et le fait qu'elles ne doivent pas nécessiter trop d'importations.

En ce qui concerne les pays sahéliens dans la mesure où les céréales commercialisées sont généralement transportées par sacs, les techniques de stockage en sacs sur palette dans des magasins bien entretenus nous semblent les plus appropriées.

La formation des hommes en matière d'organisation de marché et de technique de stockage nous semble un élément essentiel d'une politique de stockage qui ne doit pas être négligé au profit des techniques.

2. Mise à disposition auprès du secteur non public de moyens de financement des stocks adéquats.

Le manque de trésorerie des producteurs et des commerçants est un obstacle majeur à l'étalement de l'offre dans le temps. Ce fait mérite d'être rappelé tant il importe dans une politique de régulation de l'offre de contribuer au financement des stocks au moins autant que de pourvoir aux besoins en capacités de stockage.

Nous citons ci-dessous deux expériences, de nature différente, qui nous semblent intéressantes en matière d'assistance technique dans ce domaine.

1. Au Mali [6], dans le cadre du PRMC les donateurs ont financé à travers la BNCA – Banque Nationale de Crédit Agricole – un programme de crédit de stockage villageois de 500 millions de F CFA destiné aux Associations Villageoises de la zone Sud du Mali, région où la production céréalière est généralement importante.

2. Au Burkina-Faso [4], le développement des banques de céréales résulte notamment de l'assistance technique apportée soit par les ONG, soit par les bailleurs de fonds. L'originalité des organismes financeurs à la base de microprojets répartis, bien qu'inégalement, sur tout le territoire. Il en résulte une relative diversité des modes de financement et des types de construction des banques de céréales.

Une évaluation faite en 1986 [4] indique par banque de céréales un coût moyen de construction de 900 000 F CFA généralement pris en charge par les pays donateurs, et un coût moyen de financement du fonds de roulement de 750 000 F CFA octroyé aux Associations villageoises le plus souvent sous forme de prêt.

Rôle des Offices dans une gestion indirecte des marchés

Sécurité de l'approvisionnement

La sécurité de l'approvisionnement relève de différents facteurs du marché : localisation des déficits dans le temps et l'espace, délais d'acheminement des importations, des aides alimentaires, fonctionnement du marché.

En fonction de ces différents éléments, les Offices peuvent, simultanément ou non, utiliser des moyens diversifiés :

Stock de sécurité

Sans doute le plus employé à ce jour dans le Sahel. Il s'agit de stocks de grains détenus par les Etats à travers les Offices Céréalières. Ces stocks, renouvelés par rotation sont conservés dans des zones stratégiques pour une utilisation de dernier recours en cas de pénurie et de difficultés d'approvisionnement exceptionnelles. Leur niveau, équivalent à quelques mois de consommation, vise à répondre aux besoins immédiats des populations dans l'attente d'aides ou d'importations.

Ce système présente l'avantage évident de minimiser les aléas : gestion planifiée, contrôle aisé sur des stocks physiques, mise en œuvre possible dans un contexte du marché peu développé. En contrepartie sa gestion peut s'avérer lourde économiquement : accroissement des risques de pertes liées à la durée du stockage des mêmes lots, immobilisation d'un réseau de stockage...

A côté de ce système et complémentairement peut être envisagée la mise en œuvre d'autres moyens de contribuer à la sécurité d'approvisionnement, plus intégrés au marché.

Gestion du marché et sécurité d'approvisionnement

La connaissance du bilan céréalier constitue un préalable essentiel dans ce domaine et notamment au niveau des postes de ressources (production et stock de report des producteurs). Cette connaissance doit permettre une meilleure gestion d'éventuelles importations ou aides dont les délais d'exécution doivent par ailleurs pouvoir être réduits. Ceci peut contribuer à réduire les volumes des stocks de sécurité nécessaires.

Le développement du marché et des capacités de stockage des opérateurs peut également contribuer à l'amélioration de la sécurité d'approvisionnement dans le cadre de mesures appropriées d'organisation de marché :

— En stimulant le stockage de report auprès des différents agents de la filière par un encadrement des prix favorisant la rémunération du stockage (majorations mensuelles) mais aussi assurant une compensation sur les stocks de l'ancienne campagne commercialisés sur la nouvelle campagne (indemnités de fin de campagne) (voir ci-dessous).

La gestion des stocks d'intervention, (marchandises retirées du marché par les Offices) peut également entrer dans ce cadre.

— L'encouragement au développement du stock-outil des opérateurs peut également concourir à la sécurité de l'approvisionnement; le principe est le suivant : l'Office verse une subvention équivalente au coût de stockage d'une certaine quantité de céréales. En contrepartie l'opérateur s'engage à posséder un stock minimal toujours supérieur ou égal à cette quantité. Il s'agit d'une céréale banalisée pouvant être renouvelée au rythme des rotations de l'opérateur.

Encadrement du marché

Il nous est apparu utile de présenter les mécanismes utilisés dans la CEE et leurs modalités d'applications.

Les mécanismes essentiels de régulation de marché reposent sur le système de prix de gros suivant :

— prix de base de campagne: pour chaque campagne deux prix sont fixés : un prix de seuil (ou prix plafond) et un prix d'intervention (ou prix plancher). Les prix réels sur le marché, librement établis entre les opérateurs, s'établiront entre ces deux prix grâce aux mécanismes d'intervention sur le marché intérieur et de prélèvements sur les importations.

En effet lorsque les prix de marché deviennent inférieurs au prix d'intervention les Offices rachètent à ce prix les céréales, réduisant ainsi l'offre et stabilisant les prix.

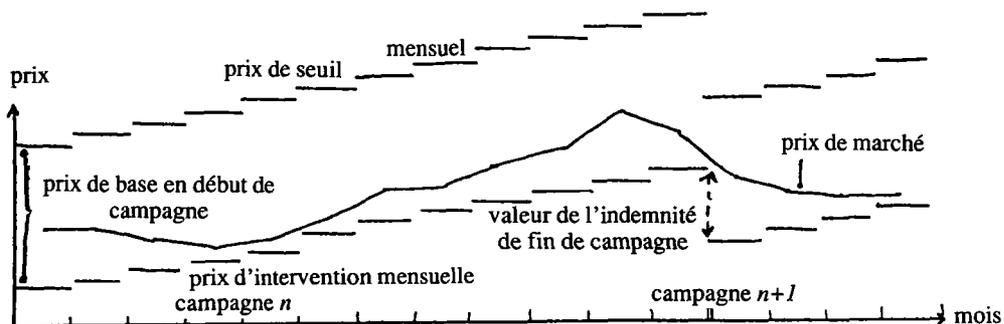
Lorsque les prix deviennent plus élevés que le prix de seuil les importations sont automatiquement déclenchées. Elles sont en effet libres mais font l'objet d'un prélèvement (égal à la différence entre les cours mondiaux plus frêt et le prix de seuil), ce qui ne les rend compétitives qu'au niveau du prix de seuil.

La mise en œuvre de l'intervention peut prendre différentes formes : l'Office peut acheter et stocker chez les opérateurs offrants ou chez des prestataires de service. La remise en marché peut emprunter la voie d'un appel d'offres spécifique (exportation, secteur d'utilisation ou secteurs géographiques déterminés).

Enfin l'intervention peut être mise en œuvre par simple gel sans achat préalable par l'Office : lorsqu'un opérateur devrait vendre à un autre opérateur en dessous du prix de marché il réalise la vente et l'Office lui verse la différence entre le prix de marché et le prix d'intervention. La céréale est «gelée» chez le second opérateur qui voit sa prestation de stockage rémunérée par l'Office, la marchandise lui appartenant.

— Ces prix de bases sont complétés par des majorations mensuelles de l'ordre du coût de stockage (financement des stocks compris). Elles s'appliquent à la fois aux prix d'intervention et de seuil.

Nous avons donc les systèmes de prix suivants dans le temps :



Avec ce système les cours de début de campagne $n + 1$ peuvent être inférieurs à ceux de la campagne n . Pour permettre l'existence de stocks en fin de campagne les céréales stockées à cette date font l'objet du paiement par l'Office d'une «indemnité de fin de campagne».

Maitrise du bilan céréalier

En France, la connaissance des postes du bilan céréalier a été un des instruments de régulation indirecte du marché par l'ONIC. Deux types de bilans sont établis par l'ONIC :

Bilan des réalisations

Il est établi mensuellement, sur la base des informations fournies par les professionnels céréaliers concernant l'état des stocks et des mises en œuvre.

Bilan prévisionnel

Il est établi mensuellement à partir des estimations de collecte, et réajusté chaque mois en fonction des réalisations.

La constitution des bilans céréaliers a été possible en France, où 85 % en moyenne de la production céréalière est commercialisée, pour deux raisons :

1. Pour certains professionnels (collecteurs agréés, meuniers, et certains utilisateurs tels que les amidonneries de maïs ou les semouleries), la délivrance de ces informations à l'ONIC a été rendue obligatoire par décret.

2. Les autres catégories professionnelles (fabricants d'aliments du bétail, exportateurs...) fournissent ces informations librement, du fait des relations étroites qu'ils entretiennent avec l'ONIC.

Il faut noter que dans les deux cas existe un intérêt mutuel de l'ONIC et des organisations professionnelles à la connaissance du marché céréalier et à la transparence qui en résulte.

Il nous semble qu'une des missions des Offices africains pourrait être l'amélioration de la connaissance des postes du bilan céréalier.

Conclusion

Il ressort de la présente communication deux constatations importantes :

1. Les mécanismes du stockage résultent de l'adaptation aux différentes situations du marché céréalier dans le temps et dans l'espace. Les exemples cités relatifs à l'Europe ou aux Etats Unis montrent que l'organisation du stockage a été rendue possible par la prise de mesures volontaires adaptées aux conditions du marché, et leur mise en œuvre par les Pouvoirs Publics et les organismes socio-professionnels.

2. La mise en œuvre d'une politique de stockage doit prendre en compte l'ensemble des données : état du marché, participation des acteurs à ce marché, contraintes techniques et moyens financiers... Une politique de stockage repose en effet étroitement sur la mise en œuvre d'une organisation de marché.

Références

1. Lecaillon, Morisson. (1987). Politiques macroéconomiques et performances agricoles, le cas de la Haute-Volta. Paris, OCDE 1984. In : Ledoux, éd. *Propositions d'un système d'évaluation quantitative des stocks paysans et villageois au Sahel*. Club du Sahel, septembre 1987.
2. Reardon Th, Delgado Ch. (IFPRI), Matlon P. (ICRISAT). (1987). Farmer marketing behavior and the composition of cereals consumption in Burkina-Faso. In : Colloque IFPRI-ISRA, juillet 1987.
3. (1983). Cereal banks in upper Volta : Review of performance and concepts. J. Kat FAO.
4. Ledoux G, Guibourg C. (1986). Evaluation des banques de céréales au Burkina-Faso. FAO, 1986.
5. Guibourg, Hochet. (1987). Evaluation des stocks au Burkina-Faso et au Mali. Ministère de la Coopération, ONIC.
6. Gagnon (ACDI). (1987). La fin d'une utopie : pour un système réaliste de stabilisation des revenus des producteurs céréaliers au Sahel et de sécurité alimentaire croissante. Club du Sahel, octobre 1987.

3

Structures paysannes de stockage

O. KODIO

Recherche Agronomique, IER, DRA, SRCVO, BP 438, Bamako, Mali

Résumé

Les céréales des régions chaudes, en particulier les mils, maïs, sorgho, riz, constituent les aliments de base des populations en zone sahélienne surtout en Afrique de l'Ouest.

Pendant, d'importants problèmes se posent quant à la conservation de ces produits, leur préservation contre certains insectes ravageurs tels que les charançons, les alucites et certains foreurs. Les techniques dites modernes (améliorées) de stockage sont assez onéreuses et ne sont pas toujours à la portée des paysans vu le faible pouvoir d'achat de ceux-ci.

En milieu paysan, on rencontre des méthodes traditionnelles de conservation assez simples, offrant parfois des résultats fort avantageux. Les structures traditionnelles, une fois améliorées, pourraient jouer un rôle important qui réduirait de beaucoup les pertes dues au mauvais stockage et constitueraient une solution alternative pour les petits producteurs. C'est ainsi que des travaux de recensement des technologies traditionnelles de stockage ont été effectués au Mali afin d'identifier les plus intéressantes en vue d'apporter les améliorations nécessaires à ces systèmes.

La présente communication souligne l'intérêt et l'espoir que suscite l'utilisation de ces structures traditionnelles de stockage pour les paysans.

Introduction

Depuis longtemps, l'homme sait que les céréales peuvent être stockées durant une longue période, à condition qu'elles soient à l'abri des ravageurs.

Des études ont montré que les pertes en cours de stockage dues aux organismes nuisibles, variaient entre 1 et 50 % de la production.

Ces estimations fluctuent fortement en fonction des denrées, du milieu et des techniques de stockage. L'efficacité de celles-ci varie suivant le lieu et les modalités de leur application.

Au Mali, on rencontre plusieurs techniques traditionnelles de stockage villageois. Elles jouent un rôle très important dans la conservation des céréales.

Il existe plusieurs types de structures paysannes de stockage suivant les différentes régions économiques du pays : ce sont des greniers qui sont soit en banco (mottes, briques, jarres), soit en bambou ou encore en paille.

Grenier à base de terre

Greniers en mottes de terre

Les greniers en mottes de terre sont les plus répandus et on les rencontre partout dans le pays. Ils sont bâtis de la façon suivante.

Plate-forme (base du grenier)

Les greniers quelle que soit leur nature se construisent sur des plates-formes surélevées, destinées à empêcher les remontées d'humidité néfastes pour le grain stocké. De grosses pierres ou de grosses fourches de bois très dur constituent les isolants supportant la plate-forme.

Cette plate-forme est ensuite recouverte par des tiges de mil ou de sorgho, par des seccos ou des nattes confectionnées avec des herbes. Ces plates-formes se présentent sous forme circulaire ou rectangulaire, suivant le type de grenier. Dans certaines zones, on rencontre des plates-formes suffisamment surélevées pour laisser le passage des poules et leur permettre de picorer les termites (fig. 1).

Diverses plantes s'utilisent également lors de la confection de la plate-forme, afin d'empêcher le passage des prédateurs. Elles sont ensuite recouvertes de banco. Le bénéfîn (*Hyp-tis specigeror*) s'emploie le plus souvent.

Corps du grenier

On accorde beaucoup de temps et de soins à la confection du grenier en motte de terre. Un bon mélange d'argile et de paille (de préférence la paille de fonio) est utilisé. Les parois s'élèvent progressivement en empilant les mottes de banco, après séchage de la couche précédente, ce qui permet d'éviter une fissuration. L'épaisseur de la paroi varie (environ 5 à 10 mm) (fig. 2).

Lors de la confection des parois, on insère des plantes dans celles-ci, afin de constituer un escalier d'accès à la partie supérieure du grenier. Une fenêtre, de dimension 0,5 × 1 m, est placée dans la paroi opposée à celle qui est exposée aux pluies.

Dans plusieurs cas, suivant les régions, ces greniers sont compartimentés afin de conserver plusieurs produits en même temps. La construction de ce type de grenier peut prendre jusqu'à 2 ou 3 semaines.

Toiture

Les greniers en banco sont le plus souvent recouverts d'un toit en paille tressée. En pays dogon, ils ont des toits en terrasse, en bois dur recouvert de banco (fig. 3).

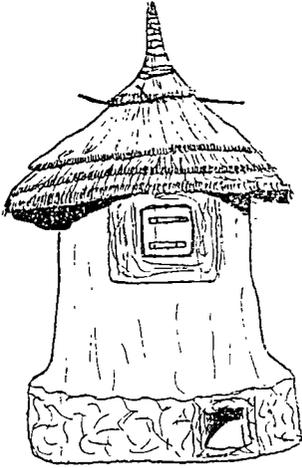


Figure 1. Grenier en mottes de banco avec poulailler (wangaba)

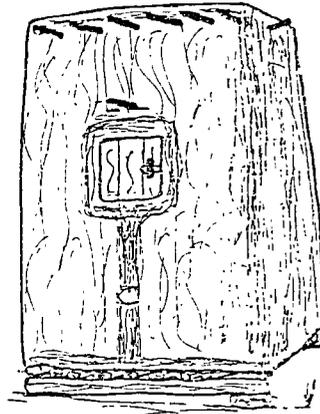


Figure 2. Greniers bobo en mottes de banco (h=2,5m)



bandiaga

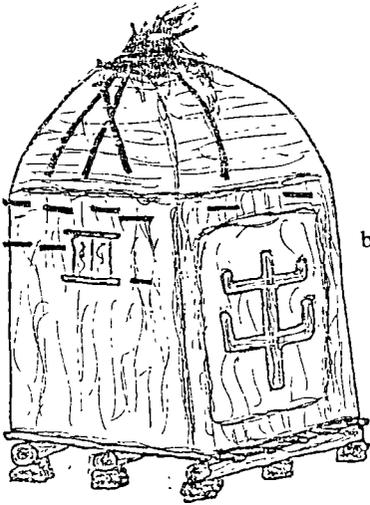
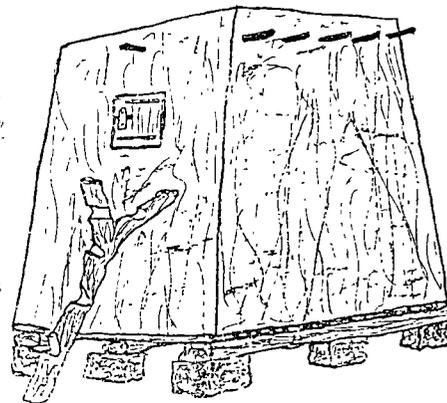


Figure 3. Greniers dogons en mottes de banco (h=2,5m)

bankass



Dans certains cas, ces toits en terrasse sont aussi recouverts d'un toit en paille pour limiter l'échauffement du grenier et les dégâts causés par les eaux de pluies.

On rencontre également, dans la région nord du pays (Gao), des greniers dont l'ouverture circulaire du sommet se ferme grâce à un plateau de banco ou une pierre plate (fig. 4).

Greniers en briques de terre

Les briques sont confectionnées et séchées au préalable tout comme dans la construction d'une maison. La plate-forme, le corps du grenier et la toiture ressemblent aux greniers en mottes de terre.

Ce type de construction est assez facile. On peut le réaliser en deux jours. C'est une technique qui oblige à un crépissage interne et externe des parois, car les fissures dans les briques peuvent constituer des passages et des refuges pour les ravageurs.

Ces greniers donnent l'impression d'être moins résistants, car les parois se fissurent très facilement ce qui demande un entretien régulier (crépissage annuel de la partie externe du grenier). Leur durée de vie peut aller jusqu'à 10 ans.

Greniers jarres

Cette structure de stockage est surtout répandue dans le nord du pays. Ces jarres sont construites en motte de terre, tout comme le grenier, mais sans plate-forme et de dimension moindre. Elles sont en général isolées du sol et protégées par un toit en paille. Elles permettent de conserver efficacement, et assez longtemps, de petites quantités de produit. De forme sphérique ou ovale, elles reposent sur quatre pierres pour éviter l'humidité du sol (fig. 5).

Avantages des greniers en banco

Les greniers en banco possèdent de grands avantages, comparativement aux autres moyens de stockage paysans. Ils se prêtent aux longues conservations et sont assez résistants (durée de vie entre 10 et 20 ans) surtout dans le cas des greniers en mottes de terre. Leur capacité de stockage peut atteindre 3 à 7 tonnes. Ces greniers sont relativement peu sensibles aux dégâts des animaux surtout quand un toit terrasse les recouvre, et ils permettent des traitements insecticides modernes, en particulier des fumigations. Ils conviennent aussi bien à la conservation en grains qu'en épis et assurent une meilleure protection contre les incendies éventuels, les vols, les pluies, etc.

Greniers à armature de bambou

De forme généralement circulaire, ils renferment une armature en bambou, recouverte intérieurement d'une couche de banco. Les bambous frais sont fendus et entrecroisés ou tissés pour former un cylindre correspondant à la dimension qu'on désire donner au grenier. Une ouverture, qui sera recouverte d'un toit en paille, est aménagée à la partie supérieure. Une fenêtre percée permettra l'accès à l'intérieur du grenier. Quant à la plate-forme, elle est construite comme dans les greniers en banco (fig. 6).

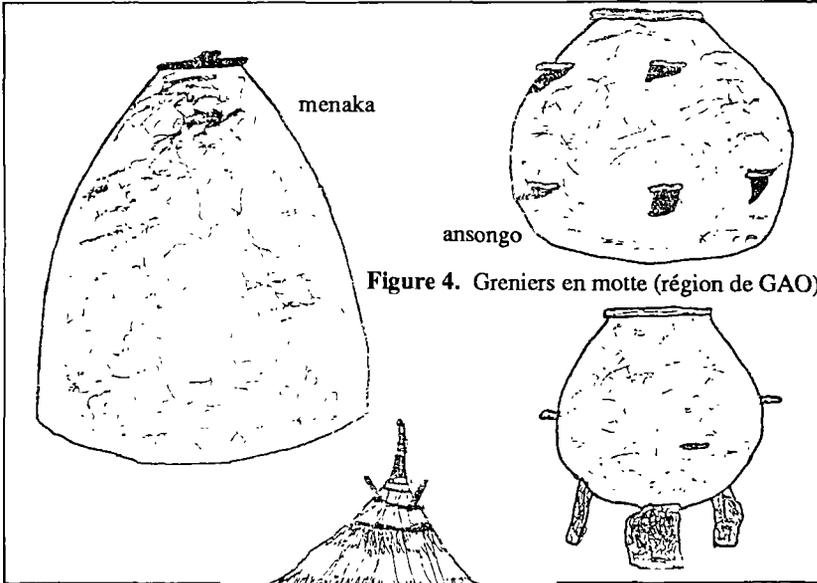


Figure 4. Greniers en motte (région de GAO)



Figure 6. Grand grenier à armature de bambous tressés

tindiba

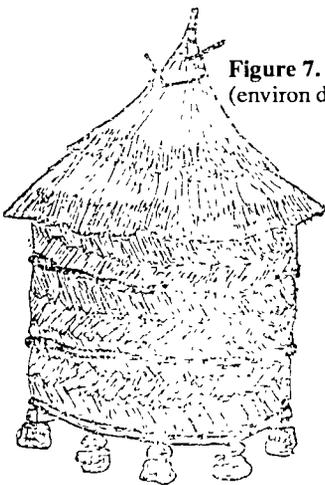


Figure 7. Grenier en secco (environ de Bamako)



Figure 5. Grenier de femmes 3 jarres en poterie (environ de Bamako)

Greniers en paille

Ce sont des greniers de forme cylindrique, de petite taille, dont le corps est constitué d'un ou de plusieurs seccos enroulés (fig. 7).

Les végétaux utilisés pour la confection de ce genre de greniers sont : le *Cekela* (*Cymbopogon Gigantus*) où, à défaut, le *Waga* (*Antropogon Giganteus*).

Le *Cekela* est une graminée andropogonée particulièrement intéressante pour la construction des seccos et des toitures. Il renferme des essences qui ont la propriété d'éloigner les insectes ravageurs. Les seccos en cylindre seront entourés de fibres de Dah, de bambou ou de lianes de Zaban.

Dans certains cas, on utilise un second secco entourant le premier, afin de renforcer la résistance du grenier. Surtout lorsque celui-ci représente la seule structure de stockage du milieu. Le corps du grenier se fixe ensuite sur la plate-forme. Ces genres de greniers sont crépis uniquement à l'intérieur. Le banco est mélangé à de la bouse de vache et à certains enduits, auxquels sont incorporées des plantes possédant des vertus insecticides ou insectifuges.

Avantages des greniers en végétaux

Les greniers en végétaux possèdent quelques propriétés intéressantes, comme leur rapidité de confection, et ne requièrent pas le concours d'un spécialiste. Ces genres de greniers sont très pratiques et bien adaptés au stockage en champs.

Les parois en seccos, lorsqu'elles ne sont pas enduites, assurent une bonne ventilation du produit stocké et une protection contre les dégâts d'animaux.

Modes de stockage

Les deux pratiques de stockage, en épis ou en grains, se rencontrent sur presque tout le territoire du Mali. Le stockage en grains est une pratique relativement récente. Dans ce cas, la commercialisation des récoltes se trouve facilitée, de même que le travail des femmes. Dans le cas de la conservation en épis, le battage quotidien des céréales leur est dévolu. Par contre, le battage de la récolte avant stockage est effectué collectivement par les hommes ou mécaniquement, les femmes se chargeant du vannage.

Le stockage en grains occupe moins de place que celui en épis. Le stockage en grains se prête mieux à l'utilisation de produits insecticides traditionnels (cendres, plantes).

La conservation en épis, par contre, est bien connue et il semble que la protection contre les attaques d'insectes se montre plus efficace. De même, les échanges thermiques sont facilités, limitant ainsi les risques d'échauffement et de moisissures.

Conclusion

De tous les greniers exposés, un type semble tout particulièrement adapté au stockage villa-geois. Il s'agit du grenier en mottes de terre, pétries avec de la paille de fonio, fermé à sa par-

tie supérieure par une terrasse et protégé par un toit en paille. Son coût et sa technologie de construction sont tout à fait à la portée de la majorité des paysans (40 000 F CFA). La capacité de stockage atteint 8 à 15 tonnes, et la durée de vie 10 à 20 ans. C'est un grenier qui offre une protection raisonnable contre les attaques de toutes natures.

De l'avis de nombreux spécialistes, la protection contre les insectes pourra aussi bien être assurée dans un grenier en banco bien crépi et clos que dans un magasin en béton ou métallique.

Les structures améliorées de stockage s'avèrent assez coûteuses et leur adoption lente par les paysans font que, jusqu'ici, les pratiques traditionnelles sont largement utilisées en milieu rural. A condition de prendre un certain nombre de précautions, en y associant, dans certains cas, des technologies modernes, ces pratiques permettent d'assurer une protection satisfaisante des stocks, à un coût modéré.

Lors de la confection des greniers, il conviendrait de souligner tout particulièrement l'importance de la construction de la plate-forme : il faut éviter les endroits où les eaux de ruissellement se concentrent, choisir les supports les plus stables et les plus élevés possible, et utiliser des bois résistants.

Les traverses de bois dur seront enduites d'huile de vidange pour limiter les dégâts des termites et ainsi prolonger leur durée de vie.

Les tiges de bénéfin, les fleurs de Samakara ou les feuilles de ngaro sont bien connues et utilisées dans l'ensemble du Mali pour lutter contre les termites. Leur utilisation est à encourager.

Le grenier en mottes de terre est le plus résistant, il offre la meilleure protection contre les attaques des vers ravageurs et permet, en cas d'infestation déclarée, de procéder à des traitements par fumigation à l'aide d'insecticides modernes.

Références

- Prévention des pertes de produits alimentaires après la récolte. Manuel de formation FAO. Rapport Guggenheim. (janvier 1977). Diallo sur le stockage en milieu dogon.
Amélioration des systèmes post-récolte en Afrique de l'Ouest. Séminaire Bamako, avril 1979.
Technologie et pertes au niveau des greniers familiaux et villageois au Mali-Gilman.
Rapport Projet FAO. Réduction des pertes alimentaires. RAO-045-et Projet Mali/83-003.
Projet de recensement des technologies traditionnelles au Mali.

4

Stockage des céréales dans des entrepôts souterrains

E.H. BARTALI*, S. AFIE*, E. PERSOONS**

* *Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc*

** *Département de Génie Rural, Université de Louvain la Neuve, Belgique*

Résumé

La technique de stockage des céréales dans les entrepôts souterrains appelés *Matmora* est encore bien connue au Maroc. Elle consiste à enfouir le produit dans le sol dans une cavité d'une capacité moyenne de 5 tonnes environ.

La cavité présente une forme cylindrico-conique ayant un goulot de 0,60 m de diamètre et de 0,80 m de hauteur à sa partie supérieure. Le diamètre de la cavité peut atteindre 2,50 m à proximité du fond. Ce dernier se trouve à 3 m par rapport à la surface du sol.

Cette technique de stockage a plusieurs avantages :

- le produit s'y trouve à une température constante voisine de 20°C, contre 30°C à l'extérieur.
- le produit est placé dans une atmosphère désoxygénée, d'où plus d'activité biologique.
- c'est une technique de stockage relativement peu coûteuse.

Le Maroc ne disposant pas actuellement suffisamment d'infrastructures de stockage centralisées, un effort de recherche est entrepris pour identifier les moyens judicieux d'améliorer les conditions de stockage des denrées dans le pays et par suite réduire les pertes. A cet effet, une approche scientifique du stockage souterrain a été élaborée. Trois matmoras ont été creusées dans l'enceinte de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II à Rabat. Des essais ont été conduits sur le stockage de l'orge avec des méthodes différentes de revêtement interne des entrepôts. Dans chaque matmora, 14 capteurs de température ont permis de suivre l'évolution de la température. Au remplissage et à la vidange, différentes mesures ont permis de suivre l'état de la céréale.

Cette étude a permis de dégager quelques consignes précises pour les agriculteurs concernant ce mode de stockage, susceptible d'aider à la conservation optimale des céréales à des coûts se limitant à la main d'œuvre de construction.

Introduction

L'utilisation des entrepôts souterrains pour le stockage des grains est une pratique traditionnelle, très ancienne et largement utilisée dans certaines régions du Maroc sous le nom vernaculaire de «*matmora*». Ce mode de stockage est aussi utilisé dans plusieurs pays de l'Afrique, au Proche Orient et en Asie. Cette technique de stockage nécessite des matériaux peu coûteux pour la construction et protège le grain stocké contre les fluctuations de la température extérieure. Le stockage souterrain est particulièrement utilisé pour son herméticité, qui permet, dans certaines mesures, le contrôle des insectes grâce à la réduction du niveau d'oxygène dans l'entrepôt. Cependant ce type de stockage est parfois compromis par les pertes importantes qu'il peut occasionner.

Plusieurs facteurs entrent en interaction pour déterminer l'état de conservation des grains stockés. Les principaux facteurs sont l'humidité du grain, sa température et la composition des gaz dans l'entrepôt. Un bon entreposage consistera donc à maintenir un ou plusieurs de ces facteurs à un niveau qui empêche ou tout au moins ralentit le processus de détérioration de la matière stockée.

L'humidité constitue un facteur que les agriculteurs classent au premier rang en tant que facteur de dégâts. Cette humidité peut avoir plusieurs origines dont la plus importante est l'infiltration de l'eau du sol à l'intérieur des matmoras. Plusieurs études scientifiques sur ce mode de stockage ont abouti plus ou moins à mettre en évidence l'avantage potentiel de l'utilisation de feuilles plastiques sous différentes formes comme revêtement dans les régions où se pratique ce mode de stockage. Cette étude examine la faisabilité et les avantages de l'emploi d'un revêtement plastique pour le stockage des céréales en matmora.

La température, lorsqu'elle est assez élevée, peut favoriser la prolifération des microorganismes présents dans la masse des céréales. L'augmentation de la température peut être d'origine biologique ou climatique. L'échange de chaleur entre le stock et le milieu extérieur se fait à travers les parois et les ouvertures. Cette étude vise à mettre en évidence le potentiel d'isolation thermique qu'offre le matériau sol dans le cas des matmoras.

Matériels et méthodes

Le site choisi pour cette étude est localisé sur un terrain plat dans le campus de l'Institut Agronomique et Vétérinaire (IAV). L'altitude est de l'ordre de 65 m. Le niveau statique de la nappe est situé à une profondeur de 20 m. Le sol est fersiallitique déposé sur une roche mère de type grès-calcaire dunaire à 2,7 m de profondeur. La couche superficielle du sol est sableuse sur une profondeur de 1,1 m, ayant une perméabilité à l'eau de $K_s = 22,7$ cm/h, la couche suivante est argileuse et moins perméable à l'eau avec $K_s = 5,8$ cm/h. Les pluviosités moyennes annuelles enregistrées au cours de ces trois dernières décades, atteignent plus de 800 mm. Les maximas de pluies tombent pendant les mois de novembre et décembre. Les quantités de pluies et leurs fréquences mensuelles décroissent régulièrement jusqu'à la fin du printemps.

Durant le mois de janvier 1987, les travaux de creusement ont été commencés pour la réalisation de deux matmoras expérimentales de capacité 4 tonnes chacune, destinées au stockage de l'orge, et qui serviront à la comparaison des performances de deux techniques de revêtement différentes. Le creusement a été réalisé manuellement par deux ouvriers, pendant une

Stockage des céréales dans les entrepôts souterrains

semaine pour chaque matmora. Les matmoras ont une forme tronconique de 3,2 m de profondeur et de 2,2 m de diamètre à la base. L'entrée des matmoras, en forme cylindrique, est creusée sur un diamètre de 1 m, une profondeur de 1,1 m et traverse la couche sableuse du sol ayant une forte perméabilité. Pour stabiliser les parois de cette ouverture, on a utilisé un revêtement en briques cimentées de 15 cm d'épaisseur (fig. 1).

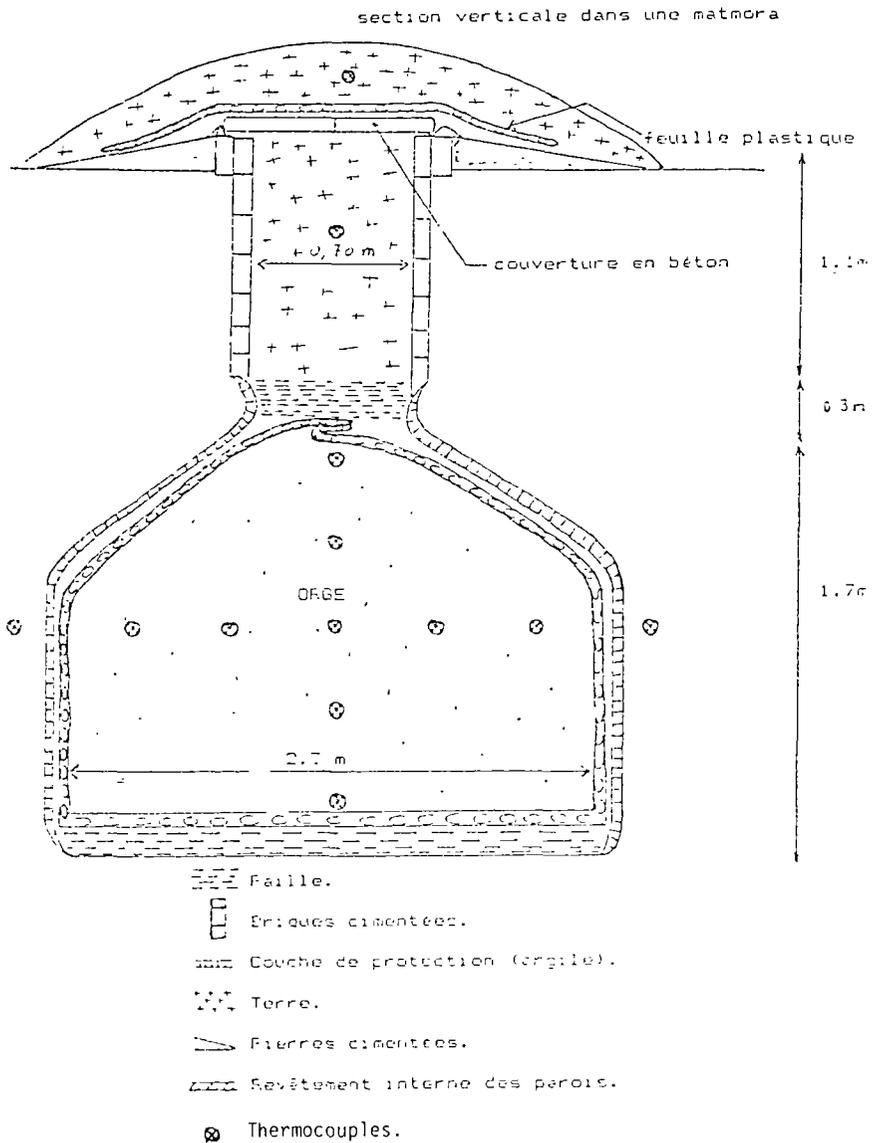


Figure 1. Construction des matmoras

Puisque la perméabilité à l'eau constitue une contrainte qui menace les matmoras, surtout celles qui se trouvent dans un site humide, on a pensé au revêtement des parois internes par des feuilles plastiques étanches. Il est recommandé d'avoir des parois relativement lisses et sans recoins, pour réduire le risque de poinçonnement de la couverture plastique, suite aux pressions exercées par la masse de grains stockée. Une couche de protection à base d'argile, de paille et d'eau a été donc réalisée manuellement avant l'installation du revêtement plastique sous forme d'un grand sac qui épouse la forme de la matmora. Le revêtement de l'autre matmora est assuré par une couche de paille de 10 cm d'épaisseur afin de tester cette technique qui était très utilisée dans plusieurs régions du pays, alors qu'elle est en voie de disparition dans d'autres régions, à la suite des changements socio-économique.

Le plastique utilisé est le polyéthylène d'épaisseur 0,18 mm. Sa perméabilité à l'eau est très faible. Pour l'oxygène, elle est de l'ordre de $68 \text{ cm}^3/\text{cm}^2/24 \text{ heures}$ à 25°C .

La céréale utilisée pour cette expérience est l'orge. Les grains ont été récoltés en juin 1986. Les sacs d'une capacité unitaire d'environ 80 kg ont été échantillonnés aléatoirement et déversés en vrac pour le remplissage des matmoras le 27 et 28 avril 1987. Le remplissage de chaque matmora a duré 3 heures. Les grains ont été entreposés à une teneur en eau de 9,6 %, à la température de 26°C . L'humidité relative de l'air interne de la matmora est de 76 % avec une température de 24°C . Le poids spécifique des grains est de $0,64 \text{ T/m}^3$. L'analyse entomologique des échantillons prélevés à différents niveaux de la masse des grains stockée a montré une forte infestation par les insectes dont le nombre varie de 748 à 1 069 par kg de grains, avec un taux de mortalité de 30,8 à 33,7 % et la dominance de l'espèce *Rhizoperta dominica*. Comme l'activité biologique des grains et de leurs ravageurs constitue une source importante de dégagement de chaleur, la simulation du comportement thermique de la masse des grains stockée nous a permis une évaluation indirecte et continue de l'état global de conservation des grains. En effet, 14 capteurs de mesure de température ont été placés dans le grain et le sol, au cours du remplissage des matmoras. Ces capteurs sont localisés selon le plan indiqué à la figure 1, et sont munis de câbles qui les relie à des unités portables d'acquisition et de stockage de données (UPAD), placées à l'extérieur des entrepôts (fig. 2). Une fois que les matmoras ont été remplies d'orge, leurs cols ont été remplis de terre pour assurer une bonne étanchéité à l'air et une isolation thermique satisfaisante. La couverture des matmoras se trouve un peu surélevée par rapport au niveau du sol et un collecteur de drainage ceinturant le local a été prévu pour l'évacuation des eaux de pluies. Les grains ont été stockés pendant une période de 200 jours allant du 27-4-87 au 20-11-87. Cette période est marquée par la forte opposition entre un été chaud et sec, et le début d'une période pluvieuse relativement froide (fig. 3).

Résultats et discussion

Température et humidité

Durant l'expérience, les températures du sol au niveau des capteurs placés à 10 cm de la surface du sol, subissent des fluctuations journalières ayant une variation en S avec des températures maximales enregistrées le plus souvent à 15 h (fig. 4). L'amplitude de cette variation se réduit en profondeur jusqu'à la disparition complète au niveau du capteur placé dans le col de la matmora, grâce à la bonne isolation thermique du matériau sol. Durant toute l'expérience, les températures dans la masse des grains stockés sont plus élevées que celles enregistrées au niveau des parois (figures 5, 6, 7 et 8). Il s'ensuit donc que la principale source de

Stockage des céréales dans les entrepôts souterrains

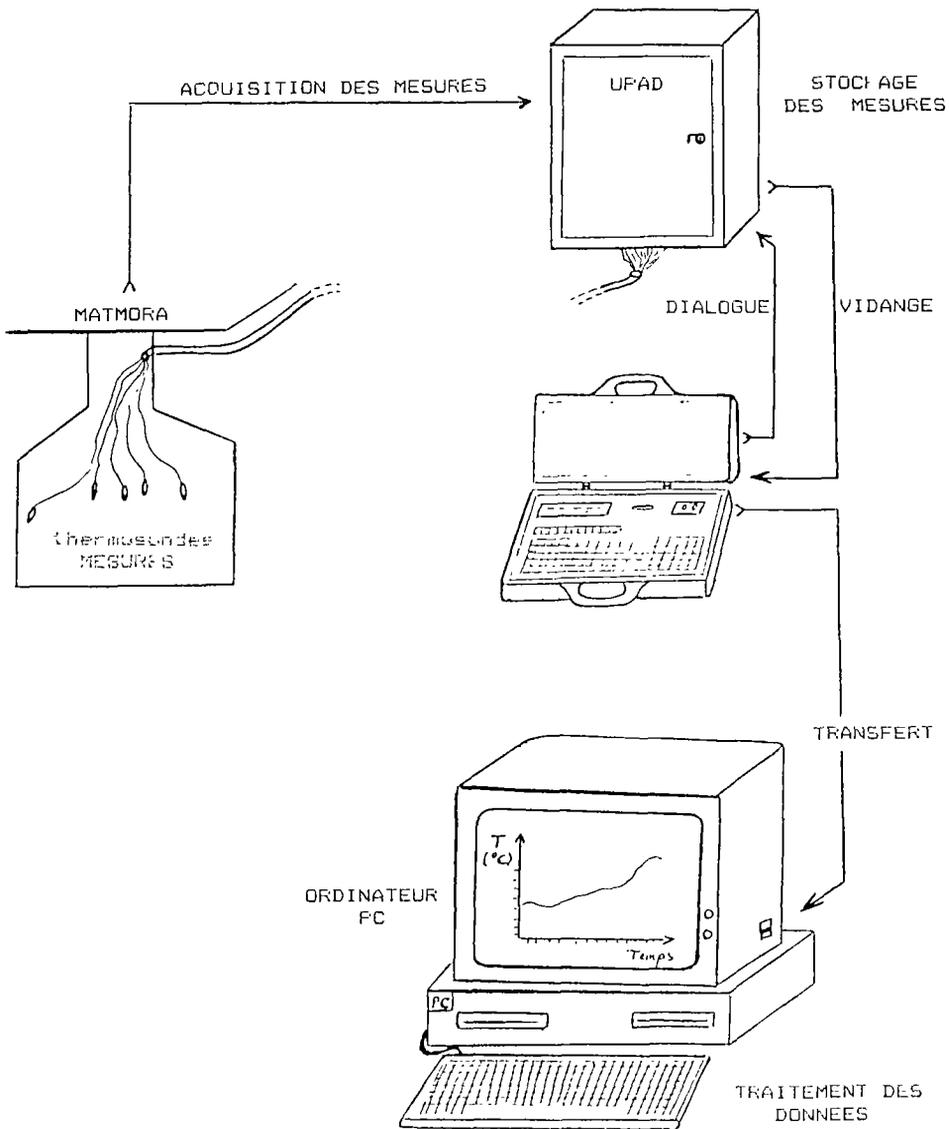


Figure 2. Schéma d'acquisition et de traitement des données.

chaleur est biologique et que les parois participent au rafraîchissement des grains à leurs bordures. Les figures 5 et 6 montrent le gradient vertical de température dû aux transferts de chaleur par les phénomènes de convection gravitaire. Le gradient horizontal de température dû aux transferts de chaleur par la conduction a été reporté sur les figures 7 et 8. Cette conduction thermique entre le grain et le sol est entravée par l'isolation thermique du revêtement interne des parois dans le cas de la matmora revêtue de paille. La contamination du stock par l'humidité du sol augmente l'humidité relative et la teneur en eau des grains dans la matmora

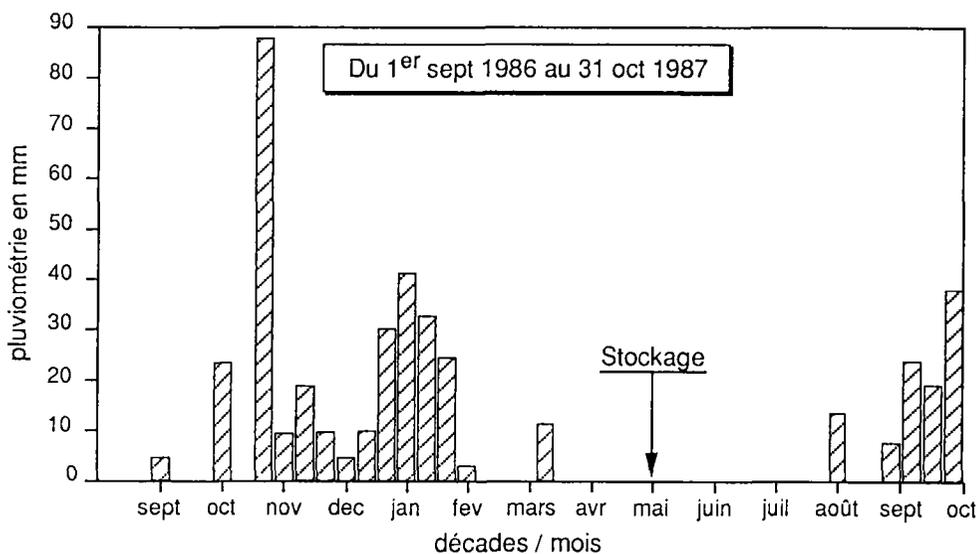


Figure 3. Pluviométrie par décades

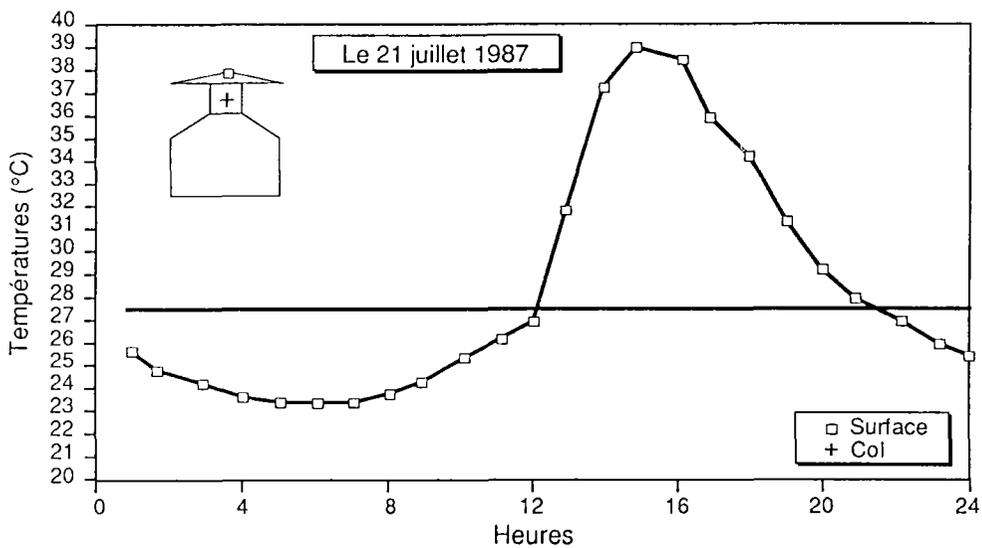


Figure 4. Evolution journalière de température

Stockage des céréales dans les entrepôts souterrains

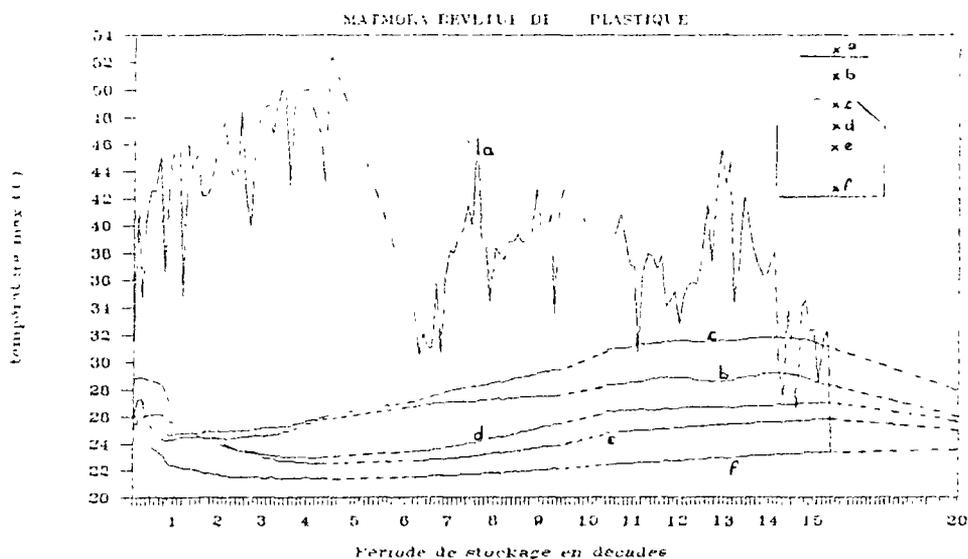


Figure 5. Gradient vertical de température.

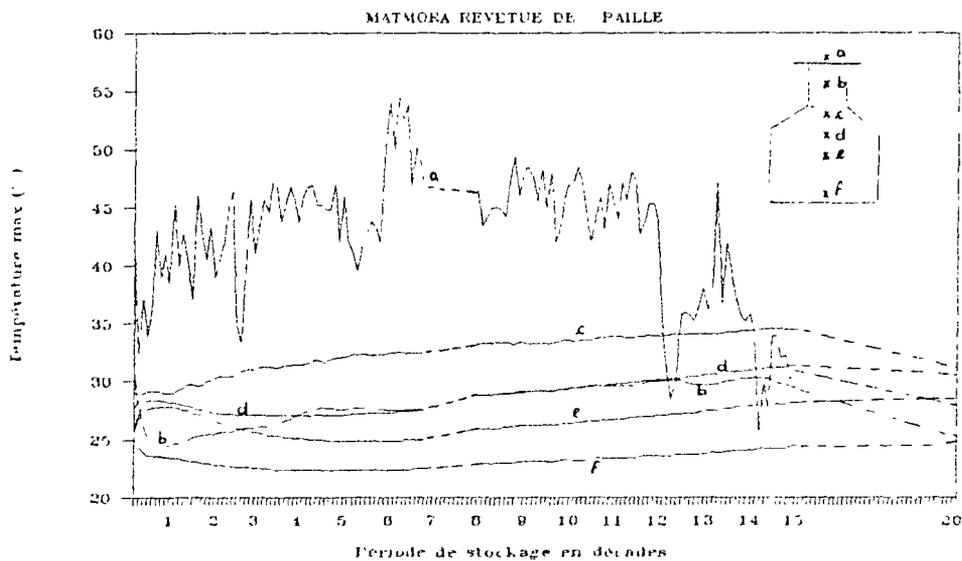


Figure 6. Gradient vertical de température.

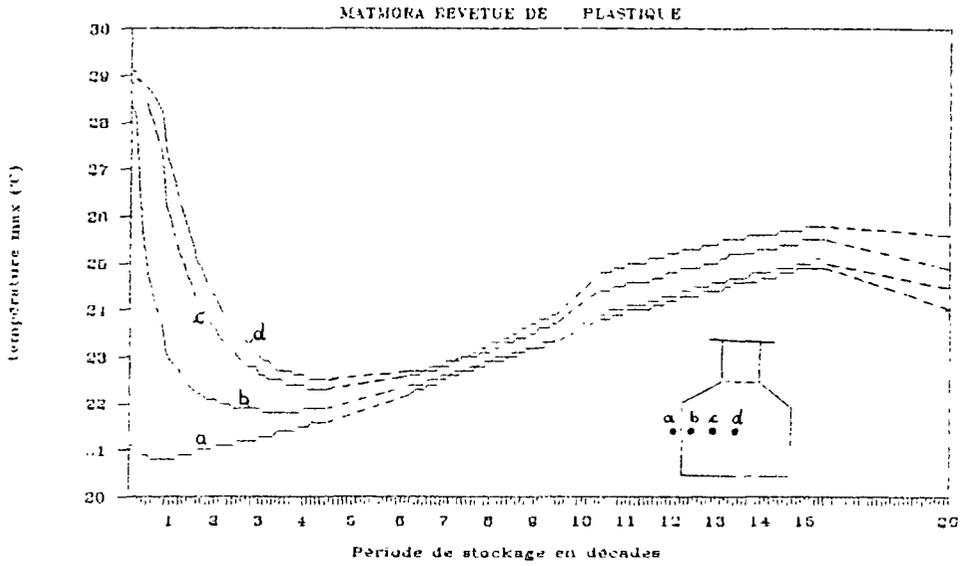


Figure 7. Gradient thermique horizontal.

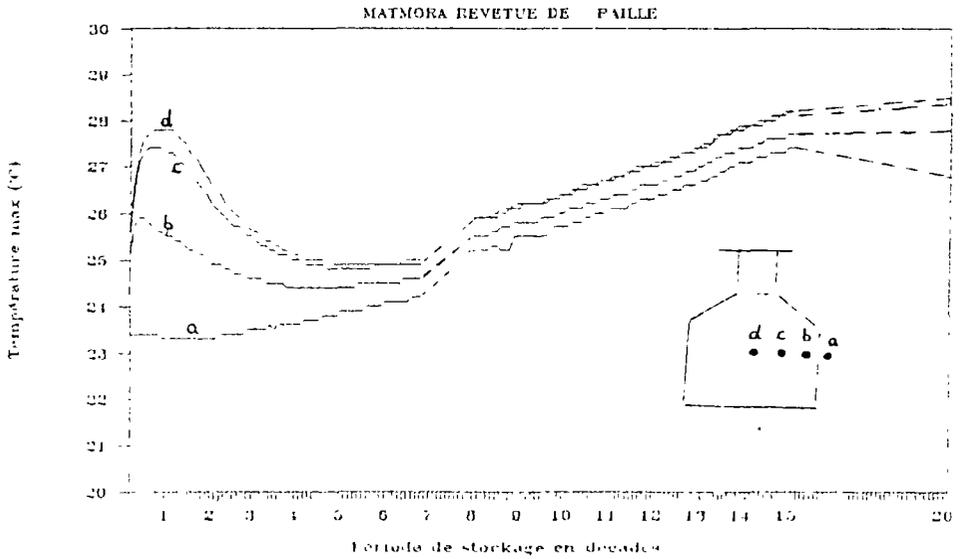
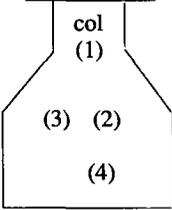


Figure 8. Gradient thermique horizontal.

revêtue de paille. Cette humidité favorise la croissance des champignons dans la paille et le grain ainsi que le développement et la reproduction des insectes. Le Tableau I montre cette différence d'humidité entre les deux matmoras à tous les niveaux de l'échantillonnage.

Tableau I

Niveaux	Paille		Plastique		Différence thermique °C
	Tf	Hg	Tf	Hg	
(1) sommet	32,2	21,4	28,0	11,7	3,2
(2) centre	28,5	12,7	25,6	9,8	2,9
(3) auprès des parois	28,4	13,3	24,9	9,8	3,5
(4) fond	24,8	13,0	23,9	9,5	1,2



Tf : température finale en °C.
Hg : humidité du grain en %.

La teneur en eau des grains est plus uniforme dans la matmora revêtue de plastique et diffère peu de la teneur en eau initiale, sauf pour les grains du sommet. La respiration cumulée de ces organismes mène les températures dans la matmora revêtue en paille à des niveaux très élevés par rapport aux températures de l'autre matmora revêtue de plastique. Cette différence des températures est plus significative dans la moitié supérieure du stock à cause du risque, plus élevé, de l'exposition des grains à l'infiltration de l'eau du sol à travers les parois.

Concentration en gaz carbonique

L'importance de l'activité biologique dans la matmora revêtue de paille augmente de façon significative la concentration en gaz carbonique (CO₂) dans l'air intergranulaire à 16 %. Cette concentration est de l'ordre de 5 % dans l'autre matmora après 6 mois de stockage. Les concentrations de l'oxygène et du CO₂ ne semblent pas atteindre un niveau mortel pour les organismes présents. En effet, le dénombrement préalable des insectes nous a permis de constater la présence d'insectes vivants surtout au niveau des sommets des stocks.

Analyse entomologique

La présence d'insectes vivants après six mois de stockage, n'exclut pas l'effet important de l'herméticité des entrepôts. En effet, malgré la forte infestation des grains au moment du remplissage des matmoras et malgré les conditions de température et d'humidité très favorables au développement et à la reproduction de ces ravageurs, ils ont été trouvés à la fin de la période d'entreposage en nombre très limité et avec des taux de mortalité très élevés sans l'utilisation de produits de lutte chimique (Tableau II).

Tests de germination

Le taux de germination des grains avant l'entreposage était de 72 %. Après six mois de stockage ce taux se trouve beaucoup plus affecté dans la matmora revêtue de paille que dans l'autre matmora (Tableau III). La viabilité des grains est aussi plus affectée dans la moitié supérieure des stocks que dans la moitié inférieure.

Tableau II

Niveaux	Plastique		Paille	
	Nb	% M	Nb	% M
Sommet	282	46	328	81,4
Centre	152	100	101	9,6
Auprès des parois	279	97,5	78	98,7
Fond	163	100	145	98,6

Nb : nombre d'insectes par kg; % M : pourcentage de mortalité.

Tableau III. Résultats des tests de germination après 6 mois de stockage.

Localisation de la mesure	Plastique	Paille
Sommet	53	23
Centre	67	63
Auprès des parois	69	57
Fond	71	70

Les pertes

Les dégâts les plus importants sont observés surtout au sommet du stock. Des pertes significatives sont aussi observées auprès des parois revêtues de paille. Les pertes pondérales sont estimées à un taux moyen de 6,27 % pour la matmora revêtue de paille, alors que dans l'autre matmora revêtue de plastique, ce taux de perte est évalué à 0,97 % (fig. 9). Ainsi, on est arrivé à des réductions significatives des pertes, par l'utilisation des feuilles plastiques comme obstacle à la migration de l'humidité du sol dans les grains.

Quelques critères économiques

La réalisation d'une matmora améliorée a été faite avec un coût de 1155 DH correspondant à 28,9 DH par quintal logé. Le coût marginal de passage à la nouvelle technique est estimé à 80 DH avec un taux de rémunération de 255 % après 200 jours d'entreposage.

Conclusion

Ce travail a permis d'aborder : d'une part l'influence des parois sur le comportement thermique des stocks de grains, et d'autre part l'amélioration des conditions de stockage des céréales suite à l'utilisation du revêtement plastique des parois internes des matmoras.

Ainsi les conclusions essentielles que nous en dégageons sont :

— La couche de sol couvrant le stock de grains constitue un obstacle pour les fluctuations de température journalières.

— Une réduction de la température par conduction-convection au contact des parois.

Stockage des céréales dans les entrepôts souterrains

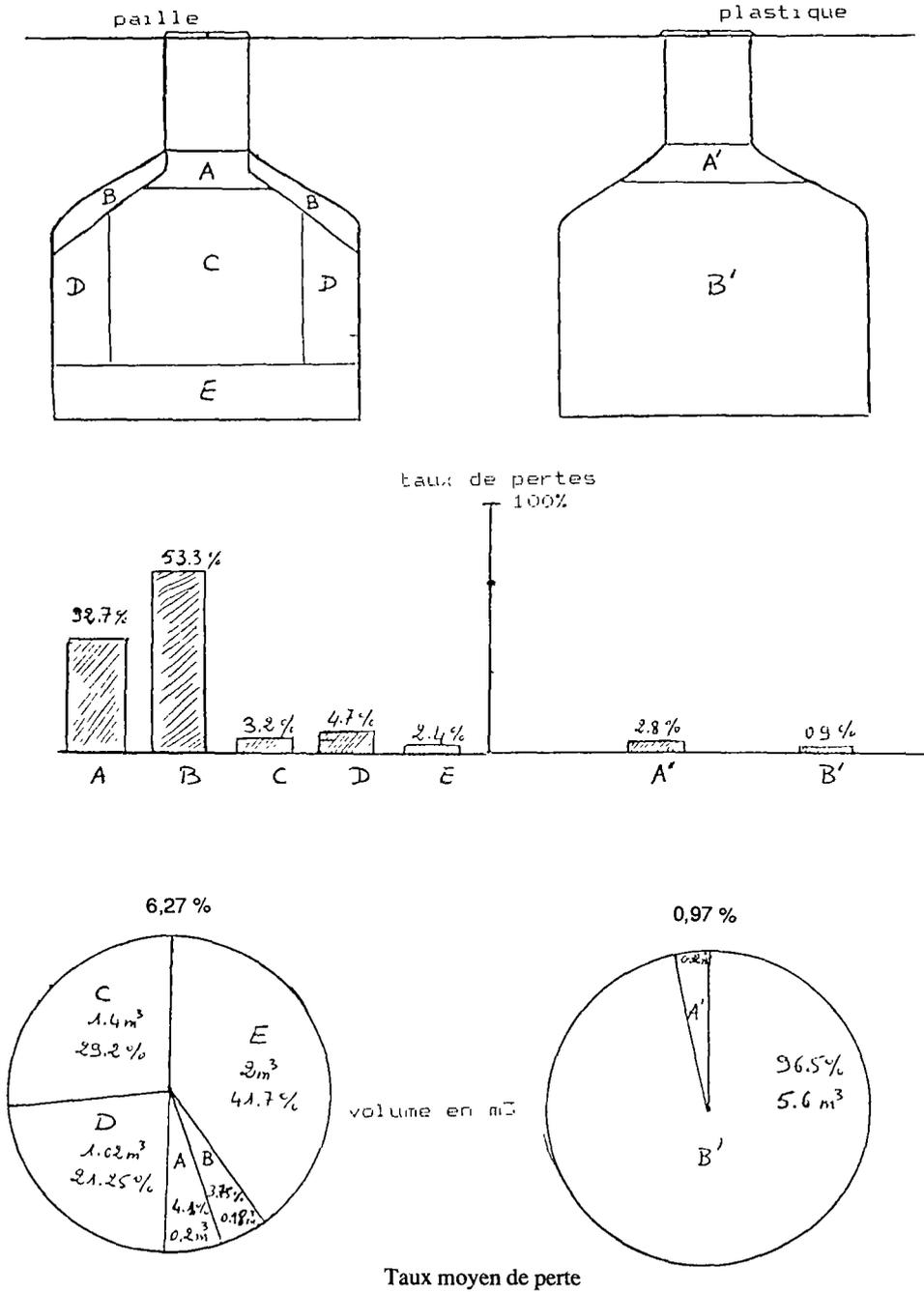


Figure 9. Importance des pertes à différentes zones de la masse de grains stockée.

— Les niveaux de température dans la matmora revêtue de plastique sont moins importants que ceux enregistrés dans celle revêtue de paille, à cause de l'activité biologique moins intense.

— Le plastique utilisé constitue une barrière pour la migration de l'humidité du sol dans le grain.

— La concentration en gaz carbonique et la teneur en eau des grains sont plus élevées dans la matmora revêtue de paille.

— Les dégâts les plus importants sont localisés surtout au sommet de la masse de grains stockée sur une profondeur de 30 cm.

— Le nombre d'insectes est beaucoup plus élevé au sommet et leur mortalité est très importante à tous les niveaux.

— La germination des grains est très affectée dans la matmora revêtue de paille, surtout au sommet de la masse de grains stockée et auprès des parois.

— L'étanchéité à l'air constitue un moyen efficace pour le contrôle des insectes dans le cas d'un stockage par matmora à moyen ou à long terme sans qu'il y ait ouverture des entrepôts.

— L'utilisation du revêtement plastique des parois, comme il a été conçu dans le cadre de cette expérience, réduit considérablement les taux de pertes.

— L'état du plastique après six mois de stockage semble présager sa réutilisation.

Remerciements. La réalisation de cette recherche a été possible grâce au matériel de saisie des données de température acquis dans le cadre du projet de coopération de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II et de la Belgique. Les auteurs leur expriment ici leur reconnaissance.

Références

- Afif S. (1988). Etude des performances du revêtement plastique des entrepôts souterrains, sur les conditions de stockage de l'orge. Mémoire de fin d'étude, DEH, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc.
- Bartali El H. (1986). Underground storage pits in Morocco. Deuxième conférence internationale sur Earth Sheltered Buildings. Hôtel Madisson, Université de Minnesota, USA.

5

Le stockage enterré : réponse aux problèmes du Tiers Monde

M. GILLIQUET, J.-C. VERBRUGGE

*Faculté des Sciences Agronomiques de l'Etat, 2 Passage des Déportés, 5800 Gembloux,
Belgique*

Résumé

Les auteurs étudient un silo souterrain pour denrées alimentaires approprié aux pays en voie de développement. Ils passent tout d'abord en revue l'historique d'un tel type de stockage dans le monde et expliquent la situation présente. Ils examinent ensuite le stockage alternatif de produits frais et de céréales dans une structure métallique recouverte de terre. Enfin, le coût d'une telle installation est évalué.

Introduction et historique

Le stockage dans des silos enterrés n'est pas une méthode nouvelle. En effet, nos ancêtres la connaissaient depuis longtemps puisqu'on en retrouve des vestiges datant du pré-néolithique (9000/7000 ACN) au Moyen-Orient et du néolithique (4500 ACN) [5]. On a également retrouvé des puits datant de l'âge du fer dans lesquels de l'orge était stocké [3].

Ils étaient utilisés sur plus de la moitié de la surface du globe dans les aires où étaient produites les céréales, notamment en Afrique de l'Est, en Afrique du Sud, en Amérique du Nord (de Mexico à la vallée du haut Missouri) ainsi qu'en Espagne et au Maroc jusqu'en Inde et en Chine [5]. Des systèmes analogues étaient utilisés également au Cameroun [4].

Il n'y a pas si longtemps, on a découvert en Chine des centaines de silos (fig. 1) datant de la Dynastie Sui (602-603 PCN). Dans ceux-ci, on a retrouvé du millet dont une moitié était carbonisée et dont l'autre permettait encore une séparation de la gousse des grains [4].

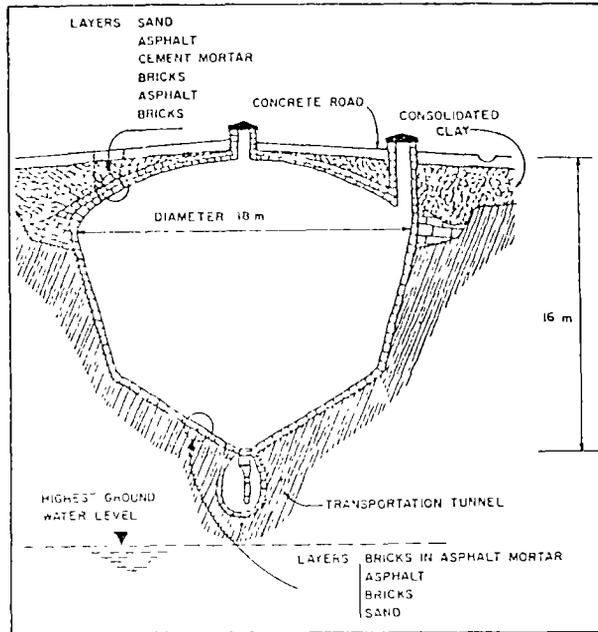


Figure 1. Coupe dans un silo chinois.

Jusqu'en 1800, le stockage enterré fut la méthode la plus développée pour la conservation à long terme des grains et cela surtout dans les régions à hiver doux et peu marqué. Les matmoras, au Maroc, sont un bon exemple d'un mode de stockage enterré traditionnel de ces régions. Par contre, dans les régions à hiver rude, la protection contre les insectes et les rongeurs s'avérait moins nécessaire vu les basses températures.

En Argentine, durant la Seconde Guerre Mondiale, des silos enterrés ont été utilisés pour absorber les excédents de céréales en cette période de marasme économique. Plus près de nous, en 1967, au Kenya, ils ont été utilisés pour constituer des réserves en cas de famine (fig. 2).

Ce qui précède montre bien que la technique n'est pas nouvelle. Cependant, ce n'est qu'à partir du 19^e siècle, que les différents phénomènes intervenant dans cette conservation ont été étudiés.

Actuellement, le stockage souterrain est utilisé principalement en Australie, en Argentine, en Chine et au Kenya.

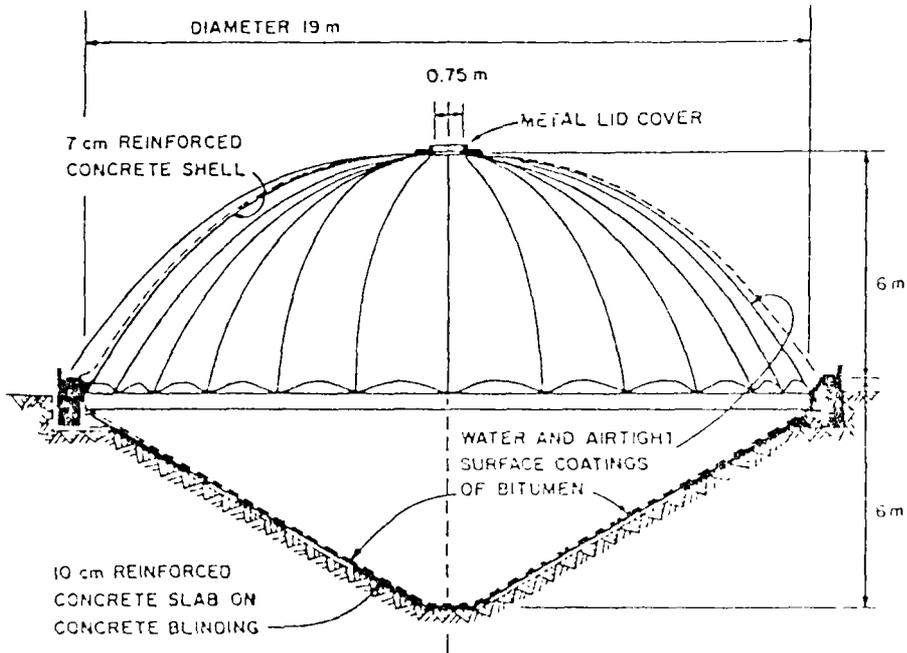


Figure 2. Coupe dans un silo du Kenya.

Examen des avantages et des inconvénients

Avantages

Température «basse» et constante

Dès que l'on atteint une profondeur de l'ordre de 1,5 à 2 m (suivant le type de sol), la température reste constante durant toute l'année et égale à la moyenne annuelle des températures en surface [1]. Bien qu'étant plus basse que la température moyenne durant la journée, elle est encore souvent trop élevée pour une bonne conservation du grain (fig. 3). Cette stabilité thermique permet d'éviter des migrations d'eau qui entraînent la création de points sensibles, ne répondant plus aux critères de bonne conservation.

Maintenance faible et durée de vie élevée

Les entretiens à faire pour assurer une durée de vie élevée sont peu nombreux, puisque la construction n'est pas soumise aux rigueurs du climat.

Utilisation de matériel local

Dans les structures traditionnelles de stockage enterré, il est uniquement fait appel au matériel et au savoir-faire locaux, ce qui permet d'éviter l'importation de technologies, dont le coût est toujours élevé.

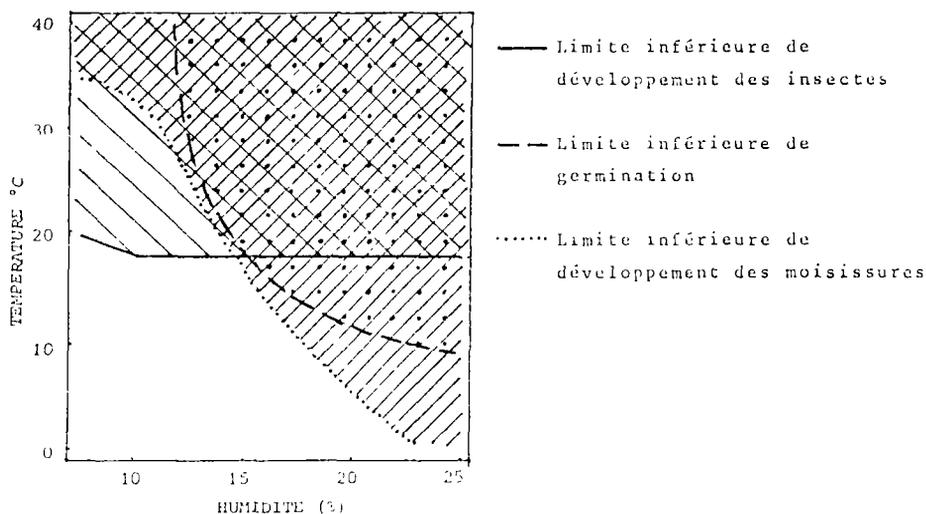
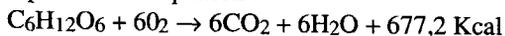


Figure 3. Diagramme FAO pour la bonne conservation des céréales.

Stockage hermétique plus aisé

Le stockage en atmosphère contrôlée est facilement réalisable. Il est surtout utilisé pour les céréales, le système par excellence étant le silo hermétique, dont la matmora marocaine constitue un exemple typique. En effet, l'altération du grain fait intervenir divers processus, parmi lesquels la respiration répondant à l'équation :



La respiration dégage donc de la chaleur, de l'eau et du dioxyde de carbone. S'il y a ventilation, le CO_2 s'en va plus rapidement que l'eau. La combinaison de la chaleur et de l'eau induit alors un développement embryonnaire. Par contre si le silo est hermétique, le CO_2 reste dans l'atmosphère entourant le grain et inhibe le phénomène de respiration. De plus cette teneur élevée empêche les insectes de survivre. Il faut cependant faire attention aux organismes anaérobies.

Comme le montre la figure 3, il existe une zone optimale de température et d'humidité empêchant la survie des parasites et la germination. Les céréales étant généralement récoltées entre 20 et 30 % d'humidité, un séchage préalable est nécessaire, l'air ambiant pouvant avoir au maximum une humidité de 60 %. Les températures optimales de conservation étant plus faibles que la température ambiante, un refroidissement est souvent indispensable.

Si l'on respecte toutes ces conditions, l'emploi de produits chimiques (conservateurs et inhibiteurs) n'est plus indispensable. Ceci est très important car on réalise des économies et on évite un risque de résidus toxiques.

Protection contre les insectes, les rongeurs et les oiseaux

Du fait même de la profondeur du stockage, beaucoup d'animaux nuisibles ne peuvent y accéder que par les ouvertures prévues pour la manutention des céréales. Ces endroits sont bien connus et facilement protégés contre toute tentative d'agression extérieure.

Inconvénients

Humidité possible

Dans les endroits où une nappe phréatique peut gêner, le recours à un film imperméable diminue cet inconvénient. De même, un drainage efficace peut empêcher l'humidité provenant de la pluie de s'infiltrer et de nuire au stockage.

Manutention et inventaire

Suivant la conception du volume, la manutention et l'inventaire seront plus ou moins aisés mais ils le seront en général moins que pour un stockage de surface.

Coûts

Les coûts de construction sont relativement plus élevés que pour un stockage identique en surface. Ici aussi, la conception de départ peut jouer un rôle déterminant pour les frais de fonctionnement (manutention...). Cet effet est toutefois atténué par l'utilisation de matériel local, (cf. avantages).

Dans ce qui précède, nous avons montré dans un contexte général les avantages et les inconvénients du stockage enterré. Nous allons à présent détailler un exemple de module enterré de stockage alterné (produits vivriers-céréales) que nous étudions actuellement à l'Unité de Résistance des Matériaux et Construction Rurale de la Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux.

Stockage alterné : produits vivriers-céréales

Depuis 3 ans, nous avons entamé l'étude d'un module de stockage enterré à réfrigération naturelle [1, 2]. Dans sa conception originale, cet entrepôt devait assurer la conservation de produits vivriers en transit, (par exemple, entre la récolte et l'expédition vers des centres urbains). Le produit ne doit donc y séjourner qu'un dizaine de jours environ. On peut toutefois l'adapter aisément au stockage à plus long terme.

Description de l'entrepôt

Dès le départ, notre souci a été de permettre la réalisation de cet entrepôt par une entreprise locale ne possédant pas de gros moyens. Nous nous sommes donc tournés vers une structure mini-arche en tôle ondulée [1], qui présente l'avantage de pouvoir être transportée et montée facilement.

Les dimensions du prototype étudié sont : longueur : 30 m , rayon de la voûte : 4 m, pied droit : 1 m, volume brut de plus ou moins 1 000 m³.

Les extrémités sont constituées de deux parois en tôle ondulée munies de portes. Le tout est recouvert d'un remblai en terre d'une hauteur de 1 m minimum à la clé de voûte (fig. 4 et 5). Une étude de la stabilité de l'entrepôt a été réalisée à la Faculté de Gembloux par un logiciel d'éléments finis. Elle a montré que le recouvrement pouvait être augmenté sans inconvénients à des épaisseurs bien supérieures à 1 m [1].

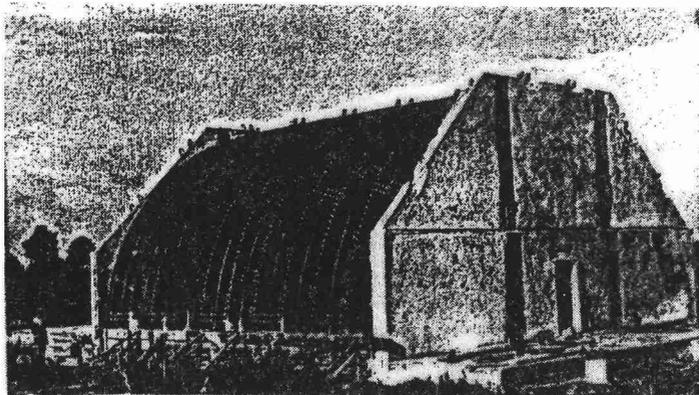


Figure 4. Enceinte métallique montée avec extrémités en béton.

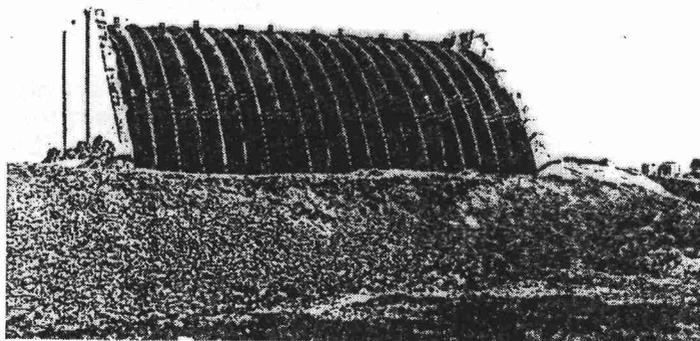


Figure 5. Phase de remblayage.

Les denrées devant être refroidies à une température d'environ 15°C , un groupe frigorifique d'une puissance de 40 kW a été prévu.

Lorsque les récoltes sont terminées et que toute la production a été expédiée vers sa (ses) destination(s), l'entrepôt, qui reste vide durant un certain temps en attendant la récolte suivante, peut être utilisé pour le stockage des céréales.

La disposition intérieure de l'entrepôt se prête particulièrement bien au stockage en sacs, car la manutention s'y fait comme dans un entrepôt classique (fig. 6 et 7).

Nous allons reprendre successivement les avantages et les inconvénients de la solution ainsi proposée.

Température basse et constante. La couverture de terre au-dessus de l'entrepôt est suffisante pour assurer une température établie à l'intérieur de celui-ci. Une baisse de température à l'aide du groupe frigorifique peut être envisagée si celle-ci s'avère nécessaire (cf. coût). Pour les pays à grand contraste de température jour-nuit, une réfrigération naturelle a été envisagée [1, 2].

Le stockage enterré: réponse aux problèmes

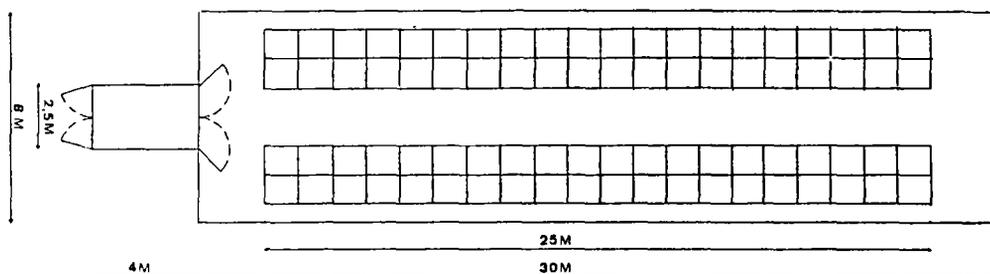


Figure 6. Disposition interne de l'entrepôt (vu en plan).

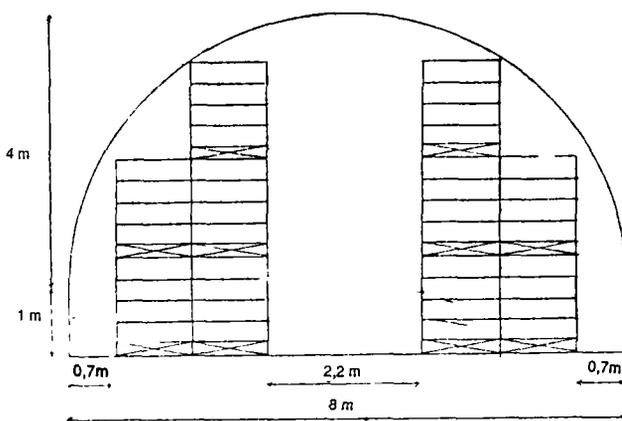


Figure 7. Disposition interne de l'entrepôt (coupe transversale).

Maintenance faible et durée de vie élevée. Celle-ci dépend beaucoup de la nature du sol (présence ou non de sels). Les tôles étant galvanisées, les problèmes de rouille ne pourraient se poser qu'au niveau des joints boulonnés. Un examen annuel de la surface intérieure de l'entrepôt et des parois d'extrémités devrait permettre de prévenir toute détérioration irréversible de la structure.

Utilisation de matériel local. La structure métallique est importée, mais le montage ainsi que le remblayage peuvent se faire par la main d'œuvre locale, encadrée par des spécialistes.

Stockage hermétique. Il n'est pas envisagé, car le stockage de céréales est provisoire.

Protection contre les insectes, les rongeurs et les oiseaux. Ceux-ci ne peuvent entrer que par les extrémités de l'entrepôt, la structure métallique empêchant toute autre voie de pénétration.

Humidité possible. L'entrepôt étant construit au niveau du sol en place avant d'être recouvert de terre, la présence d'humidité ne peut provenir que de l'eau de percolation en saison des pluies. Il suffit de placer une couche de sable entre l'entrepôt et le sol du remblai pour assurer un drainage convenable.

Manutention et inventaire. Ils se font comme pour n'importe quel entrepôt classique.

Coût. Cet aspect est souvent le plus limitant. Dans le cas qui nous occupe, il ne faut pas perdre de vue que la construction doit être envisagée en premier lieu en tant que stockage de produits frais. Le stockage des céréales n'est donc pas le but exclusif de cet entrepôt, et son prix de revient doit être vu en terme de coût marginal.

Une étude économique succincte a été réalisée dans le cas de la construction d'un entrepôt au Bas Zaïre. Le prix de revient était inférieur à 5 000 F belges/m³ (150 \$/m³).

Conclusion

Si le stockage enterré n'apporte pas en général de solution définitive aux problèmes du Tiers Monde, il peut y contribuer.

Le type d'entrepôt exposé ici peut être intéressant, à condition que sa construction soit réalisée dans une optique de stockage de produits frais, avec une utilisation pour le stockage des céréales en période creuse. Son prix (150 \$/m³), comparé au prix d'unité entrepôt frigorifique classique (supérieur à 250 \$/m³) le rend compétitif pour le stockage frigorifique seul. Le stockage de céréales en période creuse apporte donc un plus à ce type d'entrepôt.

Références

1. Gilliquet M. (1986). Etude d'un module de stockage alimentaire enterré. Faculté des Sciences Agronomiques de l'Etat. Gembloux, 1986.
2. Gilliquet M, Leclercq J, Verbrugge JC. (1987). Utilisation de structures métalliques enterrées pour le stockage frigorifique dans les pays en voie de développement. Proceeding du XVII^e Congrès International du Froid, Commission D 1-4, Vienne, 1987, pp. 202-207.
3. Hill *et al*, cité par Smith JS. (1986). Semi-Underground Storage Model for Peanuts, Oléagineux, Vol. 41, n^o 4, p. 195.
4. Lundström B. (1983). Demand and technical requirements for food storage in developing countries, underground space, Vol. 7, pp. 251-256.
5. Sterling R, Meixel GD, Dunkel F, Fairhurst C. (1983). Underground storage of food, Underground Space, Vol. 7, pp. 257-262.

6

Les pertes dues aux insectes sur les stocks paysans de céréales en Côte d'Ivoire

A. RATNADASS, B. SAUPHANOR

Institut des Savanes, BP 635, Bouaké, Côte d'Ivoire

Résumé

En vue de situer l'incidence des pertes dues aux insectes ravageurs des stocks de céréales sur l'inadéquation entre ressources vivrières disponibles et besoins alimentaires en Côte d'Ivoire, une étude approfondie a été entreprise au niveau des régions Centre-Ouest en zone forestière et Nord-Ouest et Centre en zone de savane.

Des enquêtes ont permis de décrire les systèmes post-récolte du maïs et du riz paddy et de mettre en évidence la préoccupation des villageois vis-à-vis des ravageurs de ces denrées.

Un premier inventaire des espèces a été réalisé, qui fait apparaître que le principal ravageur du maïs est *Sitophilus zeamais* (Mots.), et le principal ravageur du riz paddy, *Sitotroga cerealella* (Oll.).

L'étude des dynamiques de populations et de l'évolution des pertes occasionnées, à partir du prélèvement séquentiel d'échantillons de grains dans des greniers paysans répartis dans les quatre régions, a montré l'importance des facteurs climatiques et variétaux dans le développement des infestations. Certains aspects de la biologie des principaux ravageurs ont également pu être précisés.

On a discuté des imperfections des techniques existantes d'estimation des pertes pondérales dues aux insectes des stocks et proposé des améliorations en vue d'augmenter leur rendement et leur précision.

Il a montré que, ramenées au modèle paysan de prélèvement du grain, les pertes entomologiques en stockage sont généralement inférieures à 5 % de la quantité totale de céréales emmagasinées.

Des essais de protection chimique des stocks paysans de riz paddy n'ont pas donné de résultats concluants; en revanche, sur maïs, des tests insecticides ont permis de proposer au Développement deux produits nouveaux d'efficacité comparable à celle du pyrimiphos-méthyl (actuellement vulgarisé en zone de savane sur maïs), etrimphos et deltaméthrine.

Les pertes entomologiques en stockage sont replacées dans le contexte général du système post-récolte des céréales au niveau paysan, et une approche globale de ce système est recommandée, en vue de son amélioration, à partir de l'intégration de diverses méthodes de lutte (physiques, chimiques, biologiques) et de la mise en œuvre de technologies appropriées au milieu.

Introduction

Le stockage des céréales en Côte d'Ivoire n'est encadré que dans le Nord du pays, en zone de savane. La zone de forêt n'a pas fait l'objet jusqu'à présent d'évaluation du parasitisme des denrées entreposées, *a priori* plus élevé qu'en zone de savane, et aucun encadrement n'est assuré aux paysans dans ce domaine. Nous avons procédé pendant la campagne 1983-1984 à une première estimation des pertes au stockage en régions Centre Ouest et Nord, parallèlement à une évaluation dans ces deux zones de la méthode de protection vulgarisée dans le Nord.

Conduite traditionnelle des stocks

Le stockage des céréales peut revêtir des formes très différentes dans une même région.

En zone de savane, le maïs est fréquemment stocké à l'air libre en guirlandes, les épis étant attachés deux à deux par leurs spathes et fixés à une corde directement accrochée dans un arbre ou suspendue à une traverse reposant sur des pieux verticaux.

Il peut également être stocké en greniers fermés en banco de forme cylindrique, isolés du sol et recouverts de paille (type senoufo, lobbi, baoulé) ou tressés reposant sur une plate-forme surélevée (greniers malinké, dans le Nord-Ouest du pays). Dans cette zone il est conservé le plus souvent en spathes, mais parfois déspathé ou égréné (conservation en sacs).

En zone de forêt, le maïs est parfois stocké en guirlandes, mais plus fréquemment dans les greniers cuisines (pièces surélevées dans des cabanes rectangulaires en lattes) ou dans des magasins en banco ou cimentés. Il est presque exclusivement conservé en épis non déspathés.

Le riz est stocké sous forme de gerbes de panicules d'environ 2,5 kg dans les mêmes structures que le maïs, ou parfois empilées sur des plate-formes surélevées.

Une enquête réalisée chez 46 paysans des zones d'expérimentation (fig. 1) indique que tous estiment avoir des problèmes de conservation sur maïs, 93 % les attribuant essentiellement aux insectes (le second facteur cité étant les rongeurs). Ils évoquent la perte quantitative et la perte de qualité des grains (souillures, déjections, cadavres). Ces problèmes les conduisent souvent à égrener et vendre la totalité de leur stock au bout de 2 à 3 mois de conservation, essentiellement dans le cas du maïs de premier cycle en zone de forêt.

Sur riz, les problèmes de conservation sont d'abord attribués aux rongeurs, puis aux insectes.

Certains paysans utilisent des techniques traditionnelles de protection : cendres, feu sous le stock lorsque la structure de stockage le permet. Ils sont plus nombreux à appliquer des traitements insecticides, sur maïs uniquement :

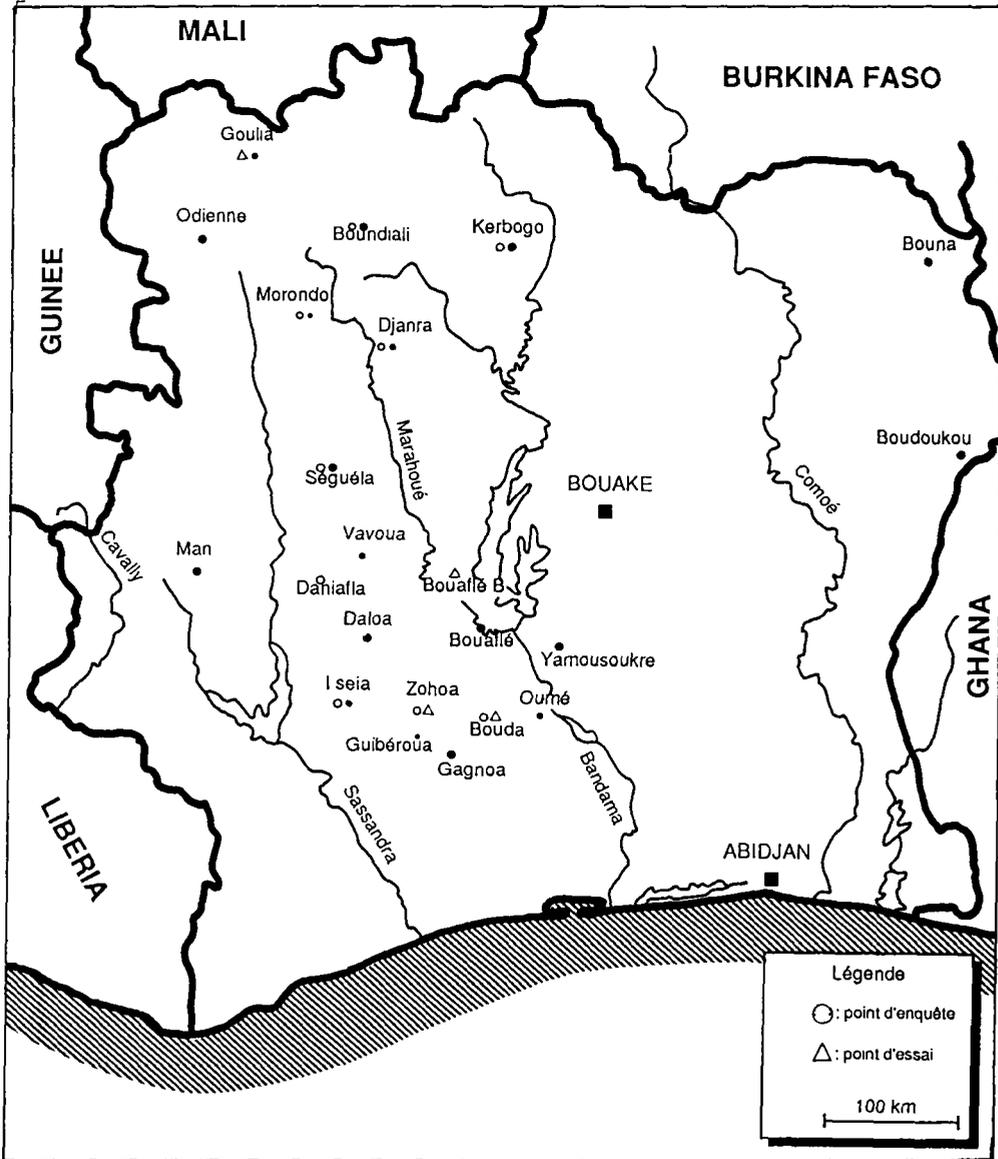


Figure 1. Localisation des points d'enquêtes et d'essais.

— 61 % dans le Centre-Ouest, où le stockage des vivriers n'est pas encadré par les sociétés de développement. Ils utilisent des produits achetés sur les marchés locaux, tels le HCH ou le DDT, qu'ils estiment cependant peu efficaces.

— 17 % en zone de savane, en utilisant dans ce cas les produits vulgarisés par la CIDT (Compagnie Ivoirienne des Textiles) : le pyrimiphos méthyl et le chlorpyriphos méthyl.

Sur riz, 65 % des paysans déclarent lutter contre les rongeurs (fumée, pièges, chats, parfois raticides). Aucun ne traite spontanément contre les insectes mais 44 % souhaiteraient le faire.

Etude du parasitisme

Espèces rencontrées

L'espèce la plus fréquemment rencontrée sur maïs est *Sitophilus zeamais* Mots. Elle est omniprésente dans la zone étudiée et la seule à occasionner des pertes sévères. Les autres insectes rencontrés sont *Sitophilus oryzae* L., représentant environ 3 % des *Sitophilus* parasitant cette denrée, *Rhyzoperta dominica* F., *Sitotroga cerealella* Ol., ainsi que différents Coléoptères réalisant une infestation secondaire (Tableau I).

Sur riz, le principal ravageur est *S. cerealella*; *S. oryzae* et *S. zeamais* ont tous deux la même importance et cohabitent dans les mêmes stocks.

Tableau I. Insectes identifiés sur stocks de riz et maïs.

		Maïs	Riz
Coléoptères			
Trogostidae	<i>Tenebroides mauritanicus</i> L.	*	
	<i>Lophocateres pusillus</i> Klug		*
Bostrychidae	<i>Rhyzoperta dominica</i> F.	*	*
Lyctidae	<i>Lyctus</i> sp.	*	
Nitidulidae	<i>Carpophilus dimidiatus</i> F.	*	*
Cucujidae	<i>Cathartus quadricollis</i> Gue.	*	*
	<i>Oryzaephilus surinamensis</i> L.	*	
	<i>Cryptolestes minutus</i> Ol.	*	
	<i>Palorus subdepressus</i> Wollaston	*	
	<i>Alphitobius</i> sp.	*	
Tenebrionidae	<i>Tribolium castaneum</i> Herbst	*	*
	<i>Tribolium confusum</i> Duv.	*	*
	<i>Gnathocerus</i> sp.	*	
	<i>Araecerus fasciculatus</i> Deg.	*	*
Anthribidae	<i>Sitophilus oryzae</i> L.	*	*
Curculionidae	<i>Sitophilus zeamais</i> Mots.	*	*
Lépidoptères			
Pyalidae			
Phycitinae	<i>Mussidia nigrivenella</i> Ragonot	*	
Gallerinae	<i>Corcyra cephalonica</i> Stainton	*	
Gelechiidae	<i>Sitotroga cerealella</i> Ol.	*	*

Evolution de l'infestation

Le niveau de population des insectes des stocks est lié à la teneur en eau de la denrée conservée. Le maïs de premier cycle en zone de forêt, récolté en raison des pluies, est difficile à sé-

cher et donc plus infesté. Les populations déclinent dans le stock en saison sèche en suivant avec un mois de décalage l'abaissement de la teneur en eau des grains (fig. 2 à 4), puis, dans le cas du maïs, elles remontent à l'approche des pluies avec l'augmentation de l'humidité relative. La remontée de la teneur en eau du riz est suivie d'une reprise de la multiplication de *S. cerealella*, mais pas de *Sitophilus sp.* Le développement de cette espèce sur riz paddy est conditionné par la présence de grains à enveloppes défectueuses, et stoppe totalement lorsque ceux-ci sont consommés.

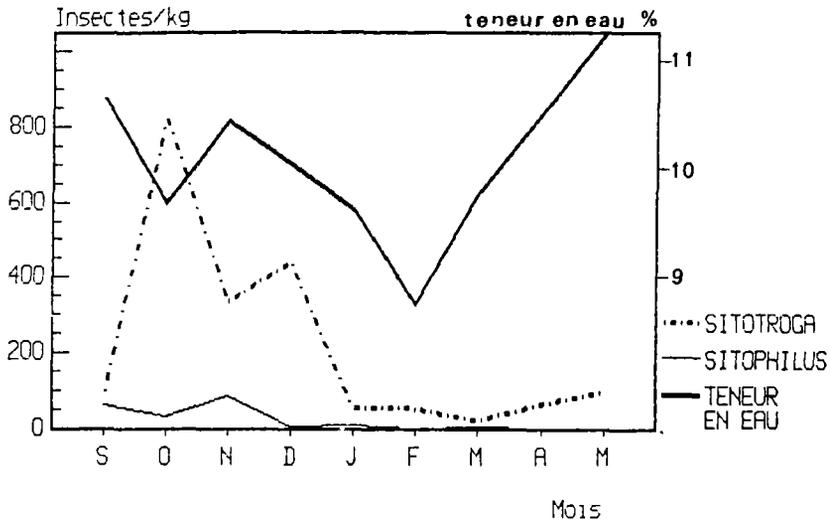


Figure 2. Evolution de la teneur en eau du riz et de l'infestation à Zohoa.

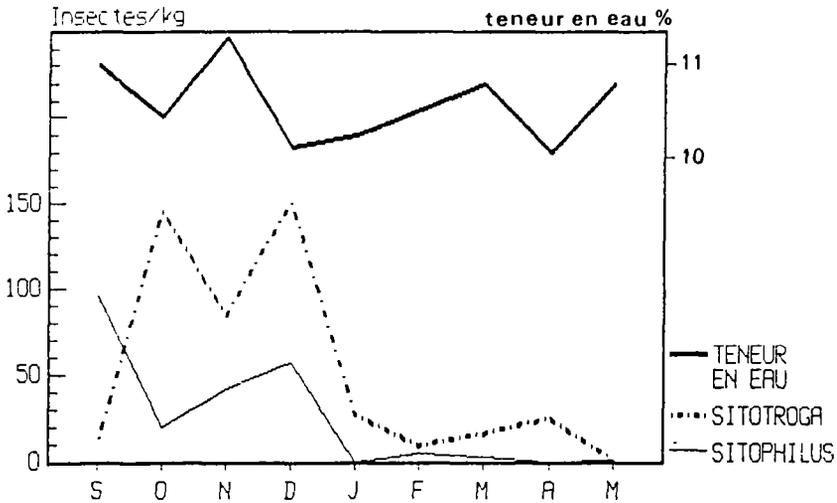


Figure 3. Evolution de la teneur en eau du riz et de l'infestation à Booda.

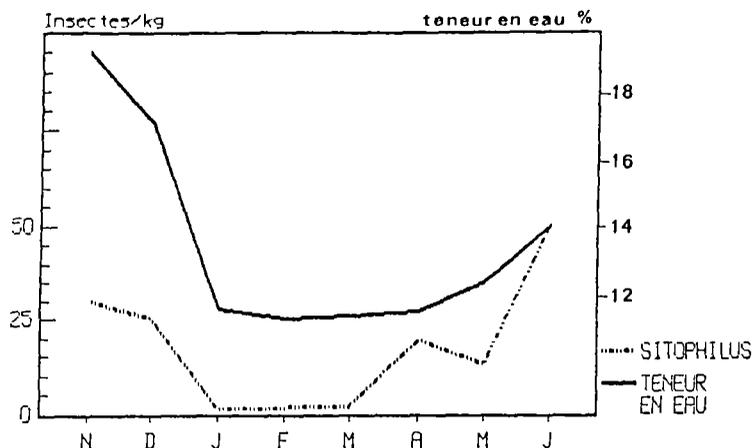


Figure 4. Evolution de la teneur en eau du maïs et de l'infestation à Goulia.

Estimation des pertes

Le contexte d'étude en milieu paysan ne permettant pas d'échantillonner la totalité du grenier, les prélèvements mensuels ont été effectués à l'endroit du stock où le paysan retire les grains pour sa consommation, généralement en surface. Ce mode d'échantillonnage permet de relier la perte évaluée au schéma de consommation, approximativement linéaire pour les cas étudiés une fois retiré le surplus destiné à la vente.

L'échantillon prélevé est de 8 à 10 épis pour le maïs (1 à 1,5 kg) et de une demi-gerbe pour le riz paddy (1 kg environ).

Le comptage et l'identification des insectes est effectué au moment du prélèvement, puis 1 mois après pour prendre en compte les formes cachées.

L'estimation des pertes par référence à un échantillon initial au moment du remplissage du grenier, testée dans un premier temps, est apparue faiblement corrélée avec l'infestation. Les pertes indiquées ont donc été estimées à partir des seuls échantillons prélevés : les grains infestés et non infestés sont séparés, puis comptés et pesés, ce qui permet de comparer le poids de l'échantillon à ce qu'il aurait été en l'absence d'attaque.

$$\text{Perte} = \frac{\text{Poids de l'échantillon sain} - \text{poids réel}}{\text{Poids de l'échantillon sain}} \times 100$$

Le poids de l'échantillon sain est le produit du poids d'un grain sain par le nombre total de grains.

Dans le cas du maïs, le calcul est affiné en séparant les grains en deux classes de taille, cet élément pouvant influencer sur l'infestation.

Le taux d'infestation et la perte, dans une même localité et pour des périodes de conservation analogues, sont plus élevés sur le maïs que sur le riz, et pour le maïs beaucoup plus faibles en zone de savane que dans le Sud.

Pour les deux denrées mais surtout pour le riz, de fortes fluctuations de l'infestation sont enregistrées d'un prélèvement à l'autre. Cela est dû notamment à l'hétérogénéité de l'attaque (*S. cereatella* ne se développant que dans les couches superficielles), et à la présence dans un même silo de variétés de sensibilité très variable dont certaines, prélevées prioritairement pour la consommation, ne se retrouvent que lors des premiers relevés. Nous indiquons pour cela les valeurs moyennes observées entre le 4^e et le 8^e mois (fig. 5).

Pertes dues aux insectes

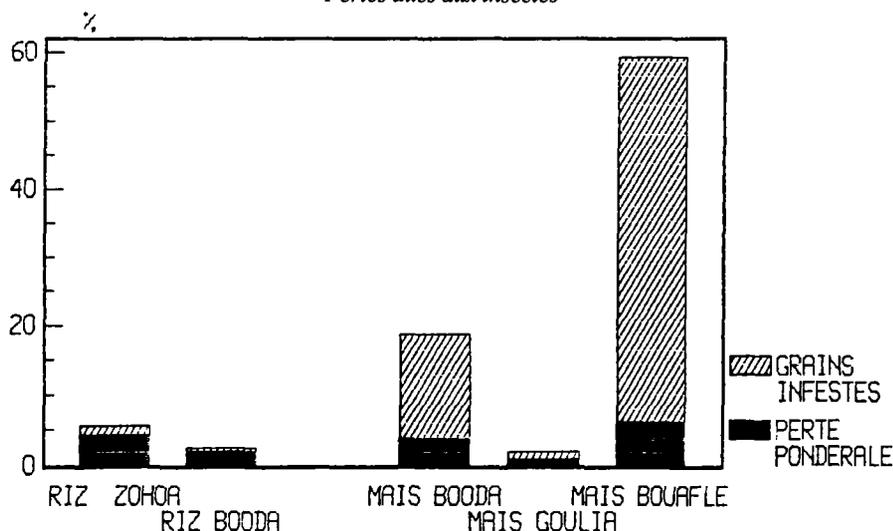


Figure 5. Infestation et perte sur le riz et le maïs, période de janvier à avril 1984.

Le taux d'infestation du maïs non traité s'établit à 63 % à Bouaflé (conservation en sacs après égrenage), à 19 % à Booda (épis non déspathés), et à 1,7 % à Goulia (épis déspathés). Les pertes sont respectivement de 6 %, 3,6 et 0,6 %. Sur riz pour la même période, l'infestation et la perte sont respectivement de 5,7 et 4,2 % à Zohoa, de 2,3 et 1,8 % à Booda.

Les coefficients de conversion cités dans la littérature pour obtenir la perte pondérale à partir de l'infestation sont de 2 pour le riz, de 4,5 à 8 pour le maïs. Nous obtenons des valeurs de 1,4 à 1,7 pour le riz, et de 3 à 8 pour le maïs. Dans le cas du paddy, l'enveloppe des grains n'étant pas consommée par les insectes, il faudrait affecter la perte d'un coefficient 1,25 pour ne prendre en compte que le caryopse. On obtient dans ce cas une perte très proche du taux d'infestation. Les parties du grain non consommées par les insectes ne pouvant être récupérées lors du décorticage, le taux de perte est assimilable au taux d'infestation des grains.

Protection insecticide

L'efficacité de la protection, assurée par les matières actives susceptibles d'être proposées à la vulgarisation, a été évaluée sur les différents sites d'étude.

A Booda, 4 traitements sont comparés sur maïs, avec deux répétitions correspondant chacune à un magasin :

- Témoin non traité
- HCH, dose empirique, traitement effectué par le paysan
- Pyrimiphos-méthyl 10 ppm
- Deltaméthrine 1 ppm

Le traitement est effectué par poudrage des épis en spathes au remplissage du grenier (méthode sandwich).

A Bouaflé, l'essai comporte 5 traitements et 3 répétitions, sur maïs égrené et conservé en sacs :

- Témoin non traité
- Pyrimiphos-méthyl 10 ppm

- Deltaméthrine 1 ppm
- Méthacriphos 10 ppm
- Etrimphos 5 ppm

A Goulia, 4 traitements par la méthode sandwich sont comparés, sur deux répétitions constituées chacune de 1 grenier malinké rempli d'environ 4 tonnes de grains.

- Témoin non traité, épis de spathes
- Pyrimiphos-méthyl 10 ppm, épis déspathés
- Deltaméthrine 1 ppm, épis déspathés
- Méthacriphos 8 ppm, épis déspathés.

Dans les conditions d'utilisation des paysans, l'efficacité du HCH est faible. En l'absence de fortes populations de *Bostrychidae*, le pyrimiphos-méthyl donne de bons résultats sur les 3 implantations, de même que l'étrimphos, testé à Bouaflé (fig. 6 et 7). Les pertes sont également réduites par le méthacriphos, qui avoue cependant une baisse d'efficacité en fin de stockage, comme l'indique l'effectif par kg de grains au 8^e mois à Bouaflé

Témoin	Méthacriphos	Pyrimiphos-méthyl	Deltaméthrine	Etrimphos
42,2	32,3	2,5	0,3	0

On note également les bons résultats obtenus avec la deltaméthrine à 1 ppm, ce qui était inattendu pour l'essai de Booda sur épis en spathes en raison de la faible tension de vapeur du produit.

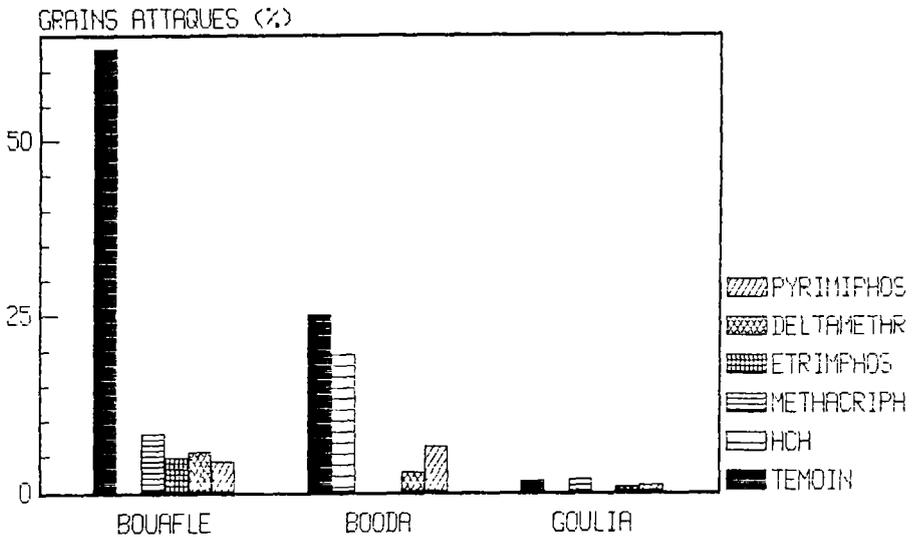


Figure 6. Effet de traitements insecticides sur l'infestation du maïs.

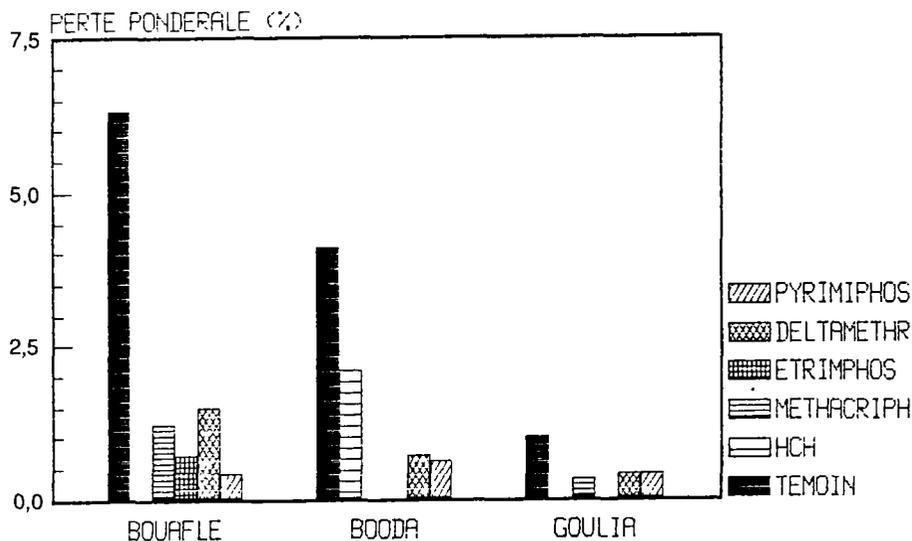


Figure 7. Effet de traitements insecticides sur les pertes sur maïs.

Conclusion

Les pertes en conservation observées sur ces deux denrées sont modérées, n'excèdent pas sur nos sites d'étude 5 % pour le riz et 6 à 7 % pour le maïs en fin de stockage. Les résultats sont à replacer dans le contexte particulier de l'année 1983, caractérisé par un très fort déficit pluviométrique (- 471 mm dans le centre par rapport à la moyenne calculée sur 40 ans). Des observations ponctuelles les années suivantes indiquent des infestations plus élevées notamment dans le Sud et un spectre parasitaire localement différent : prépondérance de *A. dominica* sur riz dans la région de Bouaké, abondance également de ce ravageur dans l'Ouest du pays. La protection chimique est néanmoins rentabilisée en considérant la seule perte pondérale et se justifie pour le maïs en raison de la perte de qualité des grains infestés et de leur dépréciation à la vente.

Les traitements effectués spontanément par les paysans en zone de forêt avec des produits dangereux et peu efficaces (il arrive par ailleurs que seuls les grains destinés à la consommation soient traités) et la présence de *Prostephanus truncatus* aux frontières de la Côte d'Ivoire devraient inciter les sociétés de développement à accentuer leur effort de vulgarisation des techniques de protection éprouvées.

7

Besoins en séchage : le point de vue des fermiers de Sierra Leone

M.W. BASSEY

CRDI (Canada), BP 11007, CD Annexe Dakar, Sénégal

Résumé

Le développement de systèmes de séchage améliorés pour l'utilisation dans les zones rurales se fait généralement sans une connaissance préalable adéquate des problèmes rencontrés par les fermiers, ce qui a conduit à un taux d'acceptation assez faible de nombre de ces systèmes. Cette communication présente les résultats d'une étude réalisée en Sierra Leone afin de connaître le point de vue des fermiers quant à leurs besoins et leurs problèmes en séchage.

Des enquêtes régulières et irrégulières ont été conduites auprès d'environ 700 fermiers, afin de déterminer les types de cultures nécessitant un séchage, les surfaces cultivées, les quantités récoltées et séchées, les avantages et les désavantages des méthodes traditionnelles, la volonté des fermiers de payer pour des systèmes améliorés, etc. Les résultats indiquent qu'une grande diversité de types et de quantités de cultures sont séchées traditionnellement (aussi bien en saison sèche qu'en saison humide) avant le stockage en vue d'une consommation à la ferme, du marché local ou de l'exportation.

De nombreux fermiers pensent qu'ils ont des pertes significatives dues à des méthodes de stockage inadéquates. Ils souhaitent améliorer leurs techniques de séchage, et sont disposés à payer pour des systèmes améliorés, à condition que leurs coûts soient faibles. Les résultats de l'étude ont été utilisés pour mettre au point un scénario de développement de séchoirs solaires en Sierra Leone, définissant les types de systèmes et les conditions dans lesquelles ils pouvaient être introduits.

Introduction

Les habitants des zones rurales doivent sécher leurs récoltes de façon à en diminuer le niveau d'humidité en vue d'un stockage ou d'une conservation avant la vente. Bien que les méthodes de séchage traditionnelles leur permettent d'obtenir des produits satisfaisants, elles présentent plusieurs inconvénients se traduisant par des pertes dues à une réhumidification par les pluies, à la poussière, aux insectes, aux oiseaux, aux rongeurs, au vent, au vandalisme, au vol et à un séchage excessif. Dans de nombreux cas, il est difficile de procéder au séchage traditionnel au soleil en raison du taux d'humidité élevé de l'air. Bien que la nécessité d'amélioration des méthodes traditionnelles de séchage soit reconnue, afin d'augmenter la quantité et la qualité des récoltes stockées, les fermiers n'ont en général pas réagi favorablement à l'introduction de systèmes de séchage améliorés. Ceci s'explique en partie par le manque de connaissances préalables (de la part des spécialistes du développement) sur le point de vue réel des fermiers quant à leurs besoins en séchage. Il est important de cerner les «sentiments» de ces utilisateurs potentiels, qu'ils soient justifiés ou non, car ce n'est que par l'intermédiaire d'une telle compréhension qu'un dialogue satisfaisant puisse s'établir et les conduire à accepter des systèmes de séchage améliorés.

Cette étude a donc été réalisée en Sierra Leone (en l'absence de tout autre travail de recherche sur les besoins de séchage des récoltes), afin de déterminer comment les fermiers de ce pays évaluent leurs besoins, d'analyser l'ampleur des problèmes et de tester leur disposition à accepter des changements. Nous avons également l'intention d'utiliser les informations rassemblées pour proposer une éventuelle intervention afin d'améliorer les méthodes de séchage traditionnelles.

Description des méthodes d'enquête

Formation d'un questionnaire

Un questionnaire simple a été mis au point pour rassembler des informations sur l'état-civil des fermiers, la taille des exploitations, les types de récoltes et les quantités séchées, l'opinion des fermiers sur les avantages des méthodes traditionnelles de séchage mais aussi sur les pertes qu'elles entraînent, la volonté de remplacement des méthodes traditionnelles et d'investissement dans ces changements, l'écoulement des récoltes une fois séchées. La plupart des questions étaient d'une nature subjective, étant donné que l'objectif de l'étude était d'obtenir le point de vue et la réaction des fermiers sur leurs problèmes de séchage.

Choix des régions

L'enquête a été effectuée dans sept régions (fig. 1) de trois provinces agricoles actives, où les récoltes sont destinées à la fois à la consommation locale et à l'exportation. Les exploitations visitées ont été sélectionnées en fonction de la facilité d'accès par les moyens de transport locaux. La taille et le type de ferme ne sont pas intervenus dans le choix. Leur nombre s'est trouvé limité par les ressources en personnel et les moyens de transport.

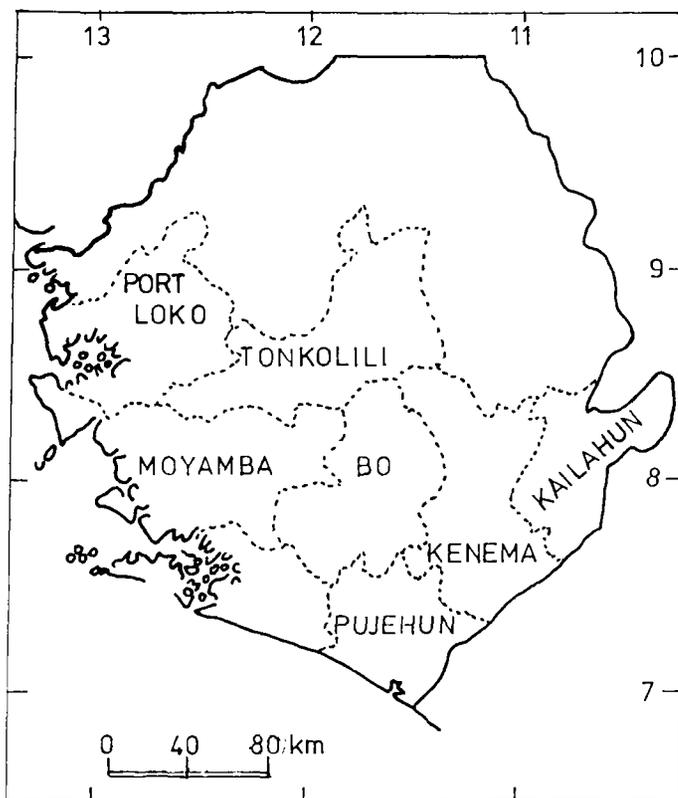


Figure 1. Emplacement des sept régions objet de l'étude.

Réalisation de l'enquête

Les enquêteurs avaient appris à utiliser le questionnaire et à avoir des conversations libres avec les fermiers pour obtenir des informations en rapport avec l'enquête, qui a été réalisée sur une période de deux mois. Tous les enquêteurs parlaient la langue de la région dont ils étaient chargés; 682 fermiers au total ont été interrogés. Les réponses obtenues ont fait l'objet d'une vérification sur le terrain, par le biais de conversations informelles avec certains fermiers, choisis au hasard dans le groupe. (Ces renseignements supplémentaires se sont avérés correspondre aux données officielles rassemblées dans l'enquête.)

Résultats et commentaires

Cultures étudiées

Le pourcentage de fermiers dont les différentes cultures nécessitent un séchage se trouve dans la figure 2. Bien que la gamme de cultures étudiée ne représente pas toutes les cultures séchées en Sierra Leone, elle indique bien leur importance relative. La majeure partie des

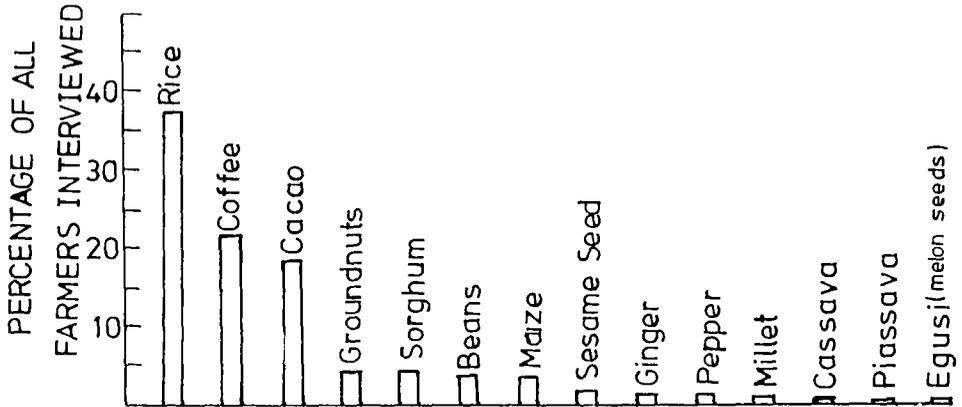


Figure 2. Pourcentage de fermiers pratiquant une culture donnée, par rapport à toutes les personnes interrogées.

récoltes qui figurent dans la figure 2 est expédiée de l'exploitation sous forme sèche, sauf le poivre, les arachides, le maïs et la manioc. Les pourcentages indiqués par les fermiers, concernant la forme sous laquelle ces récoltes sont expédiées, sont les suivants : poivre : 44 % séché, 56 % brut; arachides : 68 % séché, 23 % brut; maïs : 66 % séché, 35 % brut.

Le riz est la denrée de base en Sierra Leone. Le café, le cacao, le gingembre et le piassava sont essentiellement destinés à l'exportation.

La distribution de la taille des exploitations est donnée dans la figure 3 pour différentes cultures. Il se dégage des résultats que le riz, le café et le cacao occupent les plus grandes surfaces, ce qui est normal étant donné l'importance du riz en tant que denrée de base, ainsi que

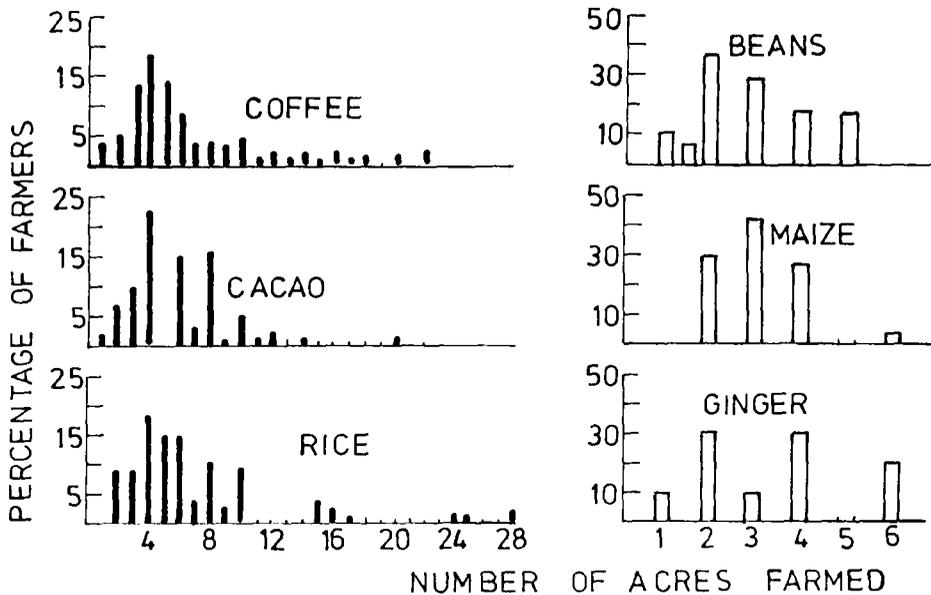


Figure 3. Distribution des surfaces cultivées par type de culture.

celle du café et du cacao en tant qu'exportations. La plupart des autres cultures, non mentionnées dans la figure 3, sont réalisées sur de petites surfaces (environ un hectare). Les cultures mixtes étant pratiquées de façon extensive par les fermiers, les surfaces consacrées à chaque culture sont en général plus petites que celles qui sont indiquées. Elles varient fortement.

Les récoltes se font à différents moments de l'année (Tableau I). Etant donné que la saison des pluies et la saison sèche durent respectivement de mai à septembre et d'octobre à avril, on a remarqué que le riz, le maïs, le poivre, les arachides et le cacao sont récoltés pendant la saison des pluies. L'humidité relative élevée de l'air ambiant (80-100 %) et le faible taux du rayonnement solaire (10-15 MJ/m²/jour) [1], rendent difficile le séchage en plein air pendant la saison des pluies.

Tableau I. Période de récolte des différentes cultures en Sierra Leone

Crops	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May
Rice			-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Coffee						-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Cacao		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Groundnuts	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Millet				-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Pepper	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Ginger						-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Maize		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Sorghum						-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Sesame Seed						-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Méthodes de séchage des cultures

Les fermiers interrogés ont décrit deux méthodes de séchage; en plein air et au-dessus d'un feu. La première consiste à répartir la culture en couche mince par terre ou sur des sols en ciment, à l'extérieur. La deuxième consiste à faire chauffer la récolte dans un réceptacle au-dessus d'un feu ou à la répartir en piles avant le battage et la faire sécher lentement par convection naturelle dans le grenier d'une cabane grâce à la chaleur d'un feu. Les résultats figurent dans la figure 4 et montrent que le séchage à l'air libre est la méthode la plus courante, sauf pour le gingembre. Un faible pourcentage de fermiers stocke le riz dans des coffres traditionnels où il sèche.

Quantités séchées et durée du séchage

La figure 5 indique les quantités séchées par les fermiers en toutes périodes; il convient de noter qu'un boisseau correspond à un volume d'environ 36 litres. Des quantités variables sont séchées selon chaque culture, compte tenu de la large gamme de surfaces cultivées (voir figure 3). Cette large distribution des quantités de cultures séchées a une certaine importance pour la suggestion d'améliorations, comme on le verra par la suite. La durée de la période de

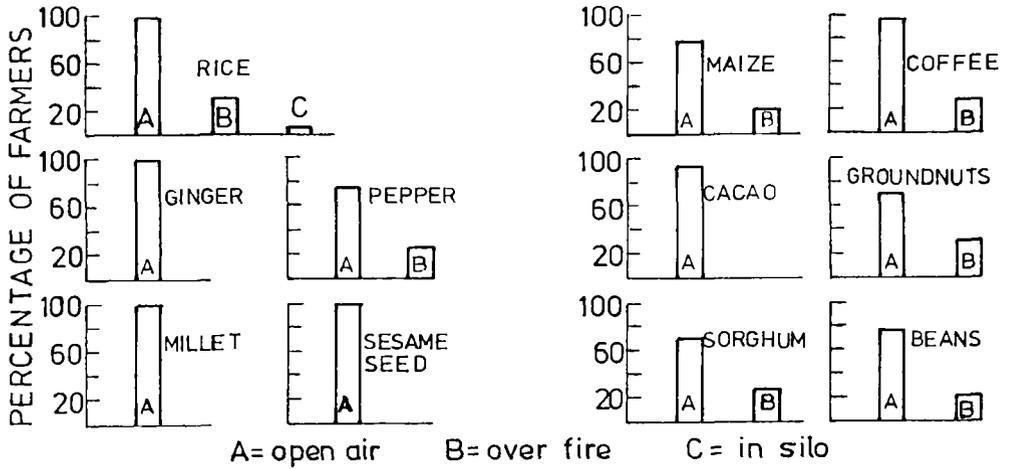


Figure 4. Pourcentage de fermiers, par rapport au total pour chaque culture, utilisant diverses méthodes de séchage.

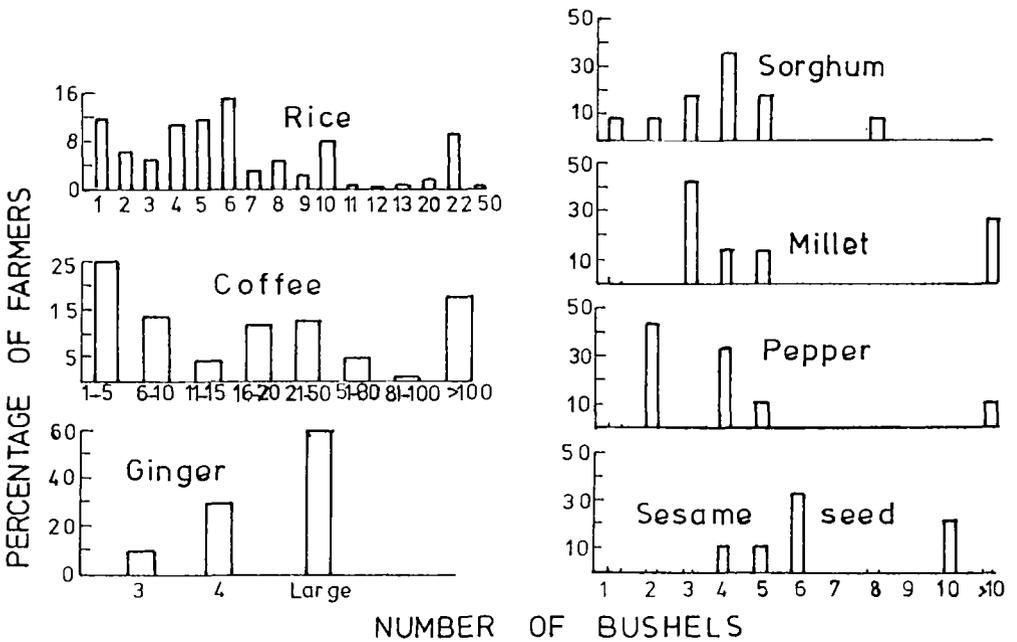


Figure 5. Pourcentage de fermiers, par rapport au total pour chaque culture, pratiquant le séchage de différentes quantités en même temps.

séchage varie considérablement selon les fermiers et c'est également un facteur intéressant (figure 6). Pour une culture donnée en effet, les différences dans la durée de séchage s'expliquent en partie par les différences dans les méthodes de culture et de traitement après récolte. Par exemple, dans le cas du riz, certains fermiers ne le récoltent pas tout de suite afin de pro-

Besoins en séchage

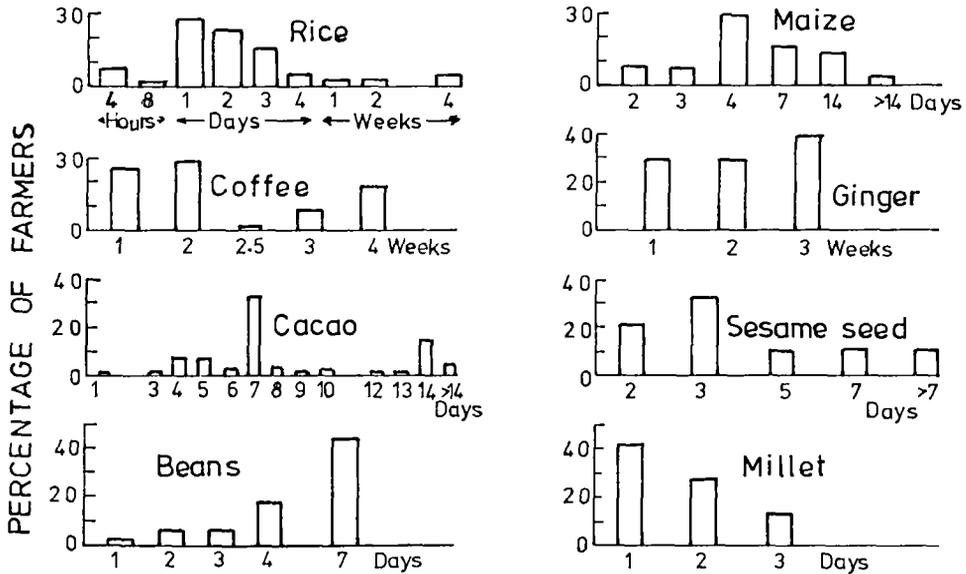


Figure 6. Pourcentage de fermiers, par rapport au total pour chaque culture, indiquant la durée du séchage.

céder à un séchage partiel, puis disposent le riz, une fois récolté, en piles dans la rizière pendant plusieurs jours pour poursuivre le séchage. D'autres pratiquent la récolte plus tôt et font sécher le riz après battage à l'air libre ou le stockent avant battage dans le grenier pour lui permettre de sécher plus longtemps. Chaque fermier a donc une perception différente de la durée de séchage.

Ces résultats indiquent les difficultés rencontrées lorsque l'on essaye d'améliorer le séchage en se fondant sur les informations obtenues par le biais d'enquêtes. Dans la pratique, une compréhension de la situation réelle et de l'opinion personnelle des fermiers est indispensable. Bien que leur interprétation d'une situation donnée puisse ne pas être toujours juste, il est néanmoins nécessaire de comprendre leur point de vue afin de leur fournir des informations précises permettant d'influencer leurs conclusions sur l'efficacité d'un système de séchage amélioré par rapport à ceux qu'ils utilisent traditionnellement. On ne doit donc procéder à une comparaison des systèmes de séchage traditionnels et améliorés qu'après avoir défini clairement l'état physique de la récolte (maturité et taux d'humidité) afin de posséder un point de départ commun. Les fermiers risquent de devoir modifier leurs méthodes d'exploitation afin d'utiliser avec efficacité les systèmes améliorés conseillés. (La majorité des fermiers est disposée à modifier ses pratiques de récolte, si cela permet de réduire les pertes).

Avantages et inconvénients des méthodes de séchage traditionnelles

Les points de vue des fermiers concernant les avantages et les inconvénients du séchage à l'air libre et au-dessus d'un feu figurent dans les Tableaux II et III, lorsque les fermiers n'étaient pas sûrs de la réponse ou quand la question n'était pas pertinente dans leur cas, un espace a été laissé en blanc.

Tableau II. Pourcentage de fermiers, pour chaque récolte, exprimant les avantages et les inconvénients du séchage à l'air libre

Crop	ADVANTAGES					DISADVANTAGES				
	Fast Drying	Good Quality	Dry large Quantities	Cost Low	Insect Infestation	Rain, Wind Animal Losses	Mold Losses	Long Drying Period	Crop Burns	High Cost
Rice	19	25	20	0	4	5	4	9	18	15
Coffee	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Groundnuts	17	27	30	7	3	7	3	20	40	7
Sorghum	0	3	10	10	10	3	10	7	13	13
Beans	27	8	8	-	12	4	4	8	4	4
Maize	4	12	-	-	16	12	4	28	20	16
Pepper	11	-	11	-	-	11	11	33	11	-
Sesame Seeds	55	0	0	-	-	-	-	-	55	0
Ginger	-	20	-	-	10	-	-	-	20	-
Millet	-	14	14	-	14	14	0	14	14	14

Tableau III. Pourcentage de fermiers, pour chaque récolte, exprimant les avantages et les inconvénients du séchage au-dessus d'un feu

Crop	ADVANTAGES					DISADVANTAGES				
	Fast Drying	Good Quality	Dry Larger Quantities	Cost Low	Insect Infestation	Rain, Wind Animal Losses	Mold Losses	Long Drying Period	High Cost	
Rice	17	83	83	79	54	78	48	74	0	
Coffee	4	90	79	22	63	65	68	92	18	
Cacao	15	90	92	53	70	78	68	88	4	
Groundnuts	10	97	87	23	43	60	40	70	13	
Sorghum	7	33	7	37	27	37	3	27	7	
Beans	23	89	62	42	89	89	85	85	12	
Maize	24	80	68	4	84	88	76	60	24	
Sesame Seeds	0	55	81	73	36	82	46	72	0	
Ginger	-	90	80	60	100	80	90	80	10	
Pepper	-	56	44	-	77	56	44	100	-	
Millet	-	100	43	14	86	100	71	57	29	

Les fermiers qui pratiquent le séchage en plein air (Tableau II) estiment en général que ce n'est pas une méthode suffisamment rapide. Cependant, ils jugent que la qualité de la récolte séchée est satisfaisante et que ce procédé permet le séchage de grandes quantités. Il est difficile de conclure si les fermiers estiment qu'il s'agit d'une pratique peu onéreuse ou non. L'auteur, pour sa part, pense que les fermiers ne sont pas en mesure d'avoir un jugement exact sur le coût du séchage traditionnel étant donné qu'ils ne peuvent le comparer avec aucune autre méthode.

La majorité des fermiers estime que le séchage traditionnel présente des inconvénients (Tableau II) : pertes dues aux insectes, au vent, à la pluie, à la formation de moisissures, et exigence d'un temps de séchage long. On a remarqué que bien qu'une récolte puisse être de mauvaise qualité en raison de certains des facteurs mentionnés ci-dessus, les fermiers peuvent en être satisfaits tout de même.

Les fermiers estiment en général que le séchage «au-dessus d'un feu» n'est pas avantageux. Il s'agit d'un processus lent et on ne peut pas stocker de grandes quantités dans les greniers en raison de leur architecture qui n'est pas appropriée. Ils considèrent par contre que les inconvénients sont faibles car les récoltes sont protégées de la pluie, de la poussière, du vent et des animaux; de plus, la fumée et la chaleur les maintiennent à un taux d'humidité qui réduit les dommages causés par les insectes. Cependant, les rongeurs sont à l'origine de pertes importantes dans cette formule de stockage. Les récoltes ne risquent d'être brûlées qu'avec le procédé qui consiste à les faire sécher dans des réceptacles au-dessus d'un feu.

Pertes encourues pendant le séchage

Les pertes maximales dues au séchage selon l'évaluation des fermiers, sont indiquées dans la figure 7. Bien que ces chiffres ne correspondent pas toujours à la valeur exacte des pertes, ils reflètent l'opinion des fermiers et indiquent au moins l'importance attachée à ces pertes pour chaque culture. Etant donné la petite superficie des surfaces cultivées, ces pertes sont importantes. Par rapport à la totalité des récoltes, les pertes perçues comme les plus fortes concernent le riz. Cette culture particulièrement importante est séchée dans les rizières et près de la ferme. Les résultats d'une étude en cours en Sierra Leone montrent que des pertes allant jusqu'à 10 % peuvent se produire pendant le séchage traditionnel [2]. Les pertes dont il a été fait

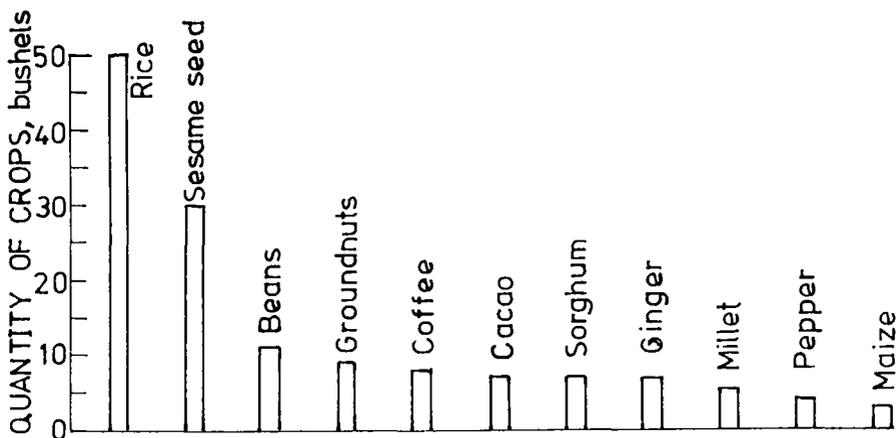


Figure 7. Pertes maximales au cours du séchage après la récolte, évaluées par les fermiers.

état pour les autres récoltes reflètent probablement la réalité mais doivent être confirmées par une évaluation plus précise.

Volonté d'investir dans des systèmes de séchage améliorés

Bien que les fermiers estiment que leurs méthodes de séchage actuelles sont satisfaisantes, ils souhaitent les améliorer et, en majorité (80 %), sont prêts à en subir les frais (fig. 8 et 9). Il convient de signaler qu'en raison de la situation économique prévalant en Sierra Leone, les coûts ont été augmentés d'un facteur 10 environ, ce qui implique que les sommes mentionnées ne correspondent probablement plus à la réalité. Elles indiquent cependant les investissements que les fermiers sont prêts à réaliser en termes relatifs. Les différences entre les sommes que les paysans, pour chaque récolte, envisageraient de déboursier pour l'acquisition d'un séchoir (fig. 8) résultent de la variété de la taille des exploitations et des écarts de revenu qu'implique cette variabilité. Environ 50 % des fermiers prêts à consacrer une certaine somme à des améliorations sont en mesure de réaliser un investissement réaliste (plus de 50 leones au moment de l'enquête) leur permettant d'acquérir un séchoir (fig. 9).

Le nombre de fermiers qui n'ont pas réussi à évaluer avec précision la somme qu'ils seraient en mesure d'investir dans un séchoir (fig. 8) est important pour chaque récolte, et a été considéré comme un refus de payer pour l'acquisition d'un système amélioré. Il s'agit des fermiers ayant les niveaux de production les plus bas. La majeure partie de leurs cultures est vivrière (plus de 40 % des fermiers pour chaque culture, Tableau IV) et ils n'estiment probablement pas nécessaire d'investir leurs faibles ressources dans un système de séchage amélioré. Dans le cas du gingembre, les fortes hésitations des fermiers sur ce point sont

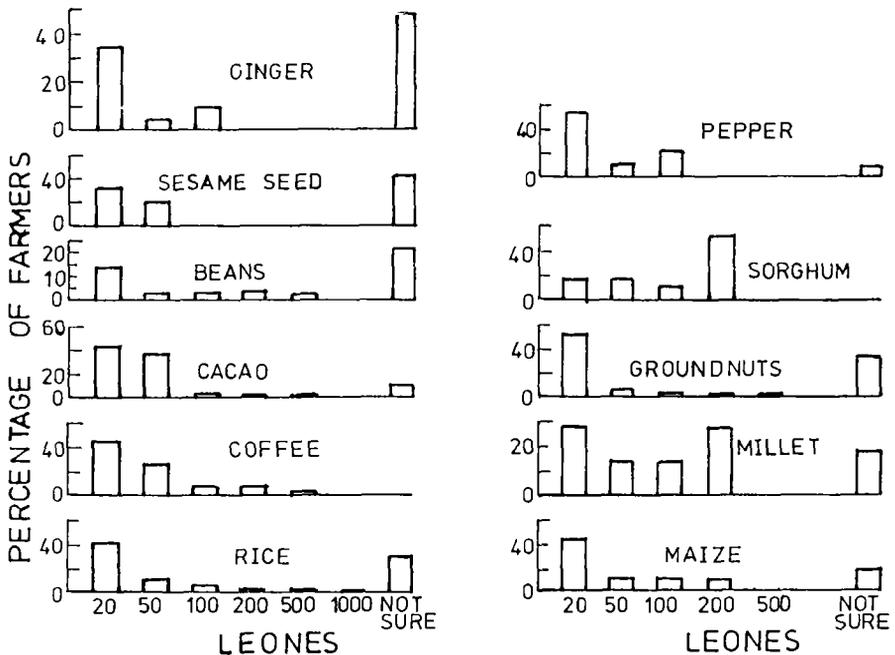


Figure 8. Pourcentage de fermiers, par rapport au total pour chaque culture, disposé à investir certaines sommes dans un séchoir.

Besoins en séchage

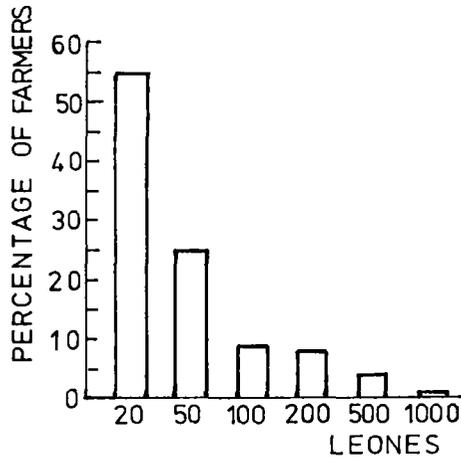


Figure 9. Pourcentage de fermiers, pour toutes les récoltes, disposés à investir certaines sommes dans un séchoir.

probablement dues au fait que le séchage du gingembre n'est pas considéré comme un problème important.

Tableau IV. Pourcentage de cultures vivrières et commerciales.

Cultures	Consommation	Vente
Riz	66	33
Café	12	88
Cacao	5	95
Haricots	41	59
Graines de sésame	50	50
Gingembre	9	91
Poivre	47	53
Sorgho	50	50
Arachides	39	61
Mil	50	50
Mais	44	51

Importance des résultats pour le développement de systèmes de séchage améliorés

Les résultats de cette étude montrent que les fermiers souhaitent en général améliorer les systèmes traditionnels afin de traiter de plus grandes quantités et de réduire les pertes. Le riz est la culture la plus importante nécessitant un séchage mais d'autres cultures pourraient avoir un rôle important dans la viabilité économique d'un système de séchage amélioré, car bien souvent la même exploitation pratique des cultures multiples. Des cultures de rente comme le riz, le cacao, le café, le gingembre, les arachides, le poivre et les haricots pourraient intervenir dans le choix de l'utilisation d'un séchoir. Les séchoirs mis au point devraient pouvoir être utilisés, en raison de la diversité des cultures, pour plusieurs d'entre elles et devraient être directs ou indirects étant donné les différentes température requises selon le type de culture.

Etant donné le faible revenu des fermiers et l'absence d'électricité pour alimenter des ventilateurs, il doit s'agir de séchoirs à flux naturel. Il faut qu'ils supportent un taux d'humidité semblable à celui qui prévaut pendant la saison des pluies. De plus, ils doivent être construits dans des matériaux locaux et bon marché et il faut que les fermiers soient en mesure de les construire et de les réparer. La diversité des quantités à sécher rend souhaitable l'introduction de séchoirs modulables afin de satisfaire les besoins d'une grande variété d'utilisateurs.

Les séchoirs solaires doivent concurrencer de façon efficace les méthodes de séchage traditionnelles. Il faudra convaincre les fermiers de l'amélioration du temps de séchage réel des cultures parvenues à maturité après la récolte. Il sera nécessaire de comparer la durée du séchage avec les deux méthodes et montrer les avantages, par exemple, d'une récolte anticipée et de l'utilisation du séchoir pour diminuer les pertes et améliorer la qualité.

Conclusions

Les conclusions suivantes peuvent être tirées de cette étude :

— Le séchage traditionnel à l'air libre est la méthode dominante de séchage des cultures en Sierra Leone.

— Parmi les cultures qui nécessitent un séchage figurent le riz, le café, le cacao, les arachides, le sorgho, les haricots, le maïs, le gingembre, les graines de sésame et le poivre.

— Un nombre important de cultures est séché pendant la saison des pluies à un moment où existe un risque élevé de pertes substantielles.

— Les quantités séchées varient énormément et dépendent du niveau de revenu du fermier.

— Les séchoirs améliorés, étant donné les quantités et types de cultures différents, devraient donc être modulables et à convection naturelle directe ou indirecte.

— Tous les fermiers souhaitent effectivement améliorer leurs méthodes de séchage, de façon à en réduire la durée, à diminuer les pertes et à traiter des quantités plus importantes.

— 80 % des fermiers sont disposés à investir dans des systèmes de séchage améliorés mais seulement 45 % environ de ces derniers ont les moyens d'acquérir un séchoir solaire.

— Il faudra convaincre les fermiers de l'efficacité des méthodes de séchage améliorées, étant donné que certaines de leurs opinions concernant le séchage, comme par exemple sa durée, sont assez subjectives.

— Les séchoirs solaires destinés aux zones rurales devraient être construits dans des matériaux locaux bon marché mais durables afin de minimiser leur coût et d'en augmenter les chances d'acceptation.

Remerciements. Le présent travail a bénéficié des fonds destinés à la recherche du Centre de Recherche pour le Développement International (Canada) et a été réalisé à l'Université de Sierra Leone. Nous remercions tout particulièrement Mr Sullay Kamara et ses élèves de leurs efforts pour rassembler les données utilisées dans cette étude.

Références

1. Bassey MW. (1982). Potential use and performance of indirect free convective solar crop dryers in Sierra Leone. Final Report, IDRC Research Project No. 3-P-78-0113, Department of Mechanical Engineering, University of Sierra Leone.
2. Koroma EY. (1987). Communication on on-going pre-storage loss assessment studies. Rice Research Station, Sierra Leone.

8

Innovations dans les technologies de séchage des grains

Y.W. JEON, S.L. HALOS, A.R. ELEPANO

Agricultural Engineering Department, International Rice Research Institute (IRRI), PO Box 933, Manila, Philippines

Résumé

Cette communication présente un tour d'horizon des recherches sur le séchage et son développement dans le Sud et le Sud-Est Asiatique.

En dépit du fait que de nombreux types de séchoirs mécaniques aient été introduits récemment sur le marché, aucun n'est populaire chez les producteurs de Riz. Le séchage au soleil prévaut dans la plus grande partie de l'Asie.

Le département Ingénierie Agricole de l'Institut International de Recherche sur le Riz, chargé du développement des séchoirs, a établi des critères de construction pour ceux-ci et a développé des systèmes appropriés pour une utilisation dans les pays en voie de développement.

Basé sur des expériences, un ensemble de critères de construction a été établi en fonction des capacités des fermiers et des nécessités du séchage. Les séchoirs devraient dès lors avoir les caractéristiques suivantes : multi-fonction, capacité de séchage facilement ajustable, utilisation de sources d'énergie non conventionnelles et de matériaux de construction locaux, maniement et maintenance simples et devront enfin être d'un coût économiquement abordable pour les fermiers.

Deux options pratiques utilisables pour le séchage dans les pays en voie de développement sont les séchoirs de type magasin à convection naturelle et les séchoirs rotatifs à flux continu par conduction de l'IRRI.

Introduction

La croissance de la capacité de production de riz dans les pays du Sud et du Sud-Est Asiatique a soulevé le problème important des pertes après récolte. Plusieurs experts ont estimé que ces pertes se situaient aux alentours de pourcentages allant jusqu'à 40 % (FAO, 1978). Le séchage est à l'origine de jusqu'à 5 % de ces pertes (Tableau I), car il est effectué trop tard et de façon inadéquate.

Afin de diminuer ces pertes après la récolte, la mise au point de techniques de séchage des grains a fait l'objet de nombreuses études au cours des deux dernières décennies. Cette recherche s'est orientée sur deux voies différentes : les techniques traditionnelles (séchage au soleil) et les techniques scientifiques (séchage artificiel ou mécanique).

La technologie traditionnelle est basée sur de nombreuses années d'expérience et comme il s'agit justement de «traditions», il est difficile de les adapter au processus de mécanisation. Il s'agit de techniques courantes dans les pays en voie de développement. Par ailleurs, si la technologie scientifique se fonde sur des théories établies, elle est par conséquent facile à modifier pour s'adapter à une situation «idéale». Cette technologie donne de bons résultats dans les pays développés.

La situation dans les pays en voie de développement ne permet pas l'adoption immédiate de séchoirs mécaniques. Le fossé technologique qui sépare pays en voie de développement et pays développés devra être comblé avant que l'introduction de ces techniques puisse être couronnée de succès.

Les séchoirs mécaniques, pour la plupart, nécessitent un investissement important et leur coût élevé d'utilisation est devenu prohibitif. Des compétences techniques sont également nécessaires pour permettre la réussite de l'introduction de cette technologie. Ces compétences n'existent pas dans les pays en voie de développement.

Bien qu'il existe déjà de nombreuses techniques de séchage, il est cependant nécessaire de mettre au point des séchoirs mieux adaptés à la situation prévalant dans les pays en voie de développement.

Systèmes et techniques de séchage des grains

Séchage au soleil

Le séchage au soleil des grains est pratiqué depuis quasiment aussi longtemps que l'on cultive des céréales pour l'alimentation. Les grains sont disposés sur des surfaces plates et sèches en fines couches, sous le soleil, et remués ou ratissés occasionnellement jusqu'à ce qu'ils sèchent. Le riz non décortiqué est parfois mis à sécher en piles dans les rizières.

Le séchage au soleil demande un investissement foncier. Cependant, aux Philippines, les cours des écoles, les trottoirs et les routes bétonnées sont couramment utilisés de telle sorte que les coûts du séchage se limitent aux frais directs de main-d'œuvre.

Les pertes quantitatives se produisant pendant le séchage au soleil sont dues aux animaux, aux oiseaux et à de mauvaises manipulations. Cependant, des pertes plus graves sont provoquées par la production de grains cassés après mouture. Etant donné que le séchage dépend fortement des conditions météorologiques, la qualité du riz non décortiqué y est également

soumise. Les grains risquent d'être fractionnés en raison de la ré-humidification et du re-séchage causés par une brusque chute de pluie.

En dépit de ses lacunes, le séchage au soleil est le plus courant et continuera de l'être dans l'industrie céréalière pendant encore longtemps, car il est considéré comme une technique de «faible» coût par rapport aux séchoirs mécaniques existant à l'heure actuelle. On se préoccupe également d'améliorer les techniques de séchage au soleil.

Séchage artificiel

Il s'agit en fait de séchage mécanique. Il est recommandé de le substituer au séchage au soleil surtout dans les régions où la récolte des céréales coïncide avec la saison des pluies. Les séchoirs mécaniques consistent essentiellement en un équipement permettant de chauffer l'air pour augmenter sa capacité de réduction de l'humidité, de rassembler la masse de grains et de souffler de l'air dans cette masse.

Les séchoirs les plus populaires comprennent les séchoirs «batch», les séchoirs à recirculation et les séchoirs à flux continu [5].

Séchoirs «batch»

Le *séchoir à fond plat de type courant* (fig. 1) possède une structure à casiers avec un double fond perforé et surélevé dans lequel les grains sont chargés jusqu'à hauteur de 46 cm (la capacité totale est en général de 1 à 2 tonnes). De l'air chaud est soufflé dans une chambre de répartition d'air puis dans la masse de grains. Le séchage continue jusqu'à réduction du taux d'humidité à environ 14 %.

Le *séchoir «batch» à casier vertical* (fig. 2) a une capacité de 2 tonnes et a été mis au point par l'IRRI en 1978. Il fonctionne de façon plus efficace que le précédent. Le casier est divisé par des lucarnes en trois compartiments verticaux, le compartiment central étant la chambre de répartition d'air et les deux autres servant à contenir les grains.

Séchoirs «batch» à recirculation

On charge le séchoir (fig. 3) d'un lot de riz non décortiqué mouillé qui circule pendant toute la durée du séchage.

Ce séchoir nécessite un taux de circulation de l'air élevé et celui-ci doit être d'une température plus élevée (60 à 80°C). Il permet un séchage rapide et son efficacité est due au mouvement perpétuel du riz. La capacité de séchage est également plus élevée mais il demande un investissement beaucoup plus important. Le coût de fonctionnement est également plus élevé car il possède beaucoup de pièces en mouvement et nécessite du matériel de transfert.

Séchoirs à flux continu

Ils possèdent un casier dans la partie supérieure et une haute section de séchage. Les mécanismes de chauffage et de soufflerie conduisent l'air chaud à travers la masse de riz dans la section de séchage.

Ces séchoirs ont la plus grande capacité de séchage. Ils ne peuvent cependant être utilisés que conjointement avec du matériel de transfert, ce qui implique la manipulation et le stockage de grandes quantités de riz. On les classe en général en deux catégories : type sans mélange et type à mélange.

Séchoir sans mélange. La figure 4 représente la coupe transversale d'un tel type de séchoir. Le séchage s'effectue entre deux parois parallèles séparées par 15 à 25 cm. Le modèle Shanzer est l'exemple typique de ce genre de séchoirs.

Séchoir à mélange. Un exemple de séchoir à mélange à déflecteur est représenté dans la figure 5. La disposition des déflecteurs alternés permet au riz de se mélanger tandis qu'il circule vers le bas. C'est un procédé couramment utilisé dans les systèmes de séchage intermittents. Il existe également des modèles équipés d'une colonne en zig-zag enserrée dans des parois de chaque côté pour permettre au mélange de s'effectuer pendant le séchage.

L'Université de l'Etat de Louisiane (LSU) a mis au point un séchoir qui est représenté dans la figure 6 et constitue le séchoir à flux continu le plus populaire. Il est composé de compartiments verticaux possédant des rangées de canaux d'air dont la forme est celle d'un V à l'envers. Dans ces rangées, les arrivées d'air alternent avec les sorties, espacées pour permettre le mélange. Au fur et à mesure que la céréale descend dans le séchoir, elle est fortement mélangée.

Les séchoirs à mélange utilisent en général un air à température plus élevée et à vitesse moins grande que les séchoirs sans mélange.

Stratégies de l'IRRI

La préoccupation principale des spécialistes de la mise au point de technique de séchage est de fournir un matériel qui diminuera les risques dus au séchage du riz. De tels spécialistes, dans le cas des pays en voie de développement, doivent être sensibles aux besoins de la région et à ses caractéristiques économiques, sociales et politiques qui influencent directement ou indirectement l'adoption du système. Il s'agit donc d'un processus purement empirique, qui demande du temps. Les techniques traditionnelles se développent en général de cette façon. La base théorique de ces techniques est faible et celles-ci doivent donc s'intégrer à un ensemble de recherche et de développement.

Le Service d'Ingénierie Agricole de l'IRRI essaie de mettre au point du matériel agricole de petite taille pour les fermiers, par le biais d'une démarche de participation à la recherche et au développement technologiques. Les expériences passées ont montré que les techniques potentielles sont mises au point grâce à une collaboration entre l'utilisateur final (le fermier) et le chercheur.

Le concept de démarche «holiste» permet également de mettre au point des techniques dont l'impact sur le système social peut être mieux évalué. La mise au point des séchoirs, au sein du service, fait partie de tout un programme concernant la mise au point de techniques intervenant après la récolte.

Dans ce contexte, plusieurs facteurs ou critères ont été considérés afin de mettre au point un système de séchage approprié, en particulier pour les pays en voie de développement. Ces critères ont été définis grâce à des échanges avec des fermiers de régions rurales qui ont permis de connaître leurs besoins en matière de séchage.

Critère de conception des séchoirs de l'IRRI

Comme il a été dit plus haut, la conception de séchoirs destinés aux exploitations agricoles rurales dans les pays en voie de développement est purement empirique mais doit néanmoins

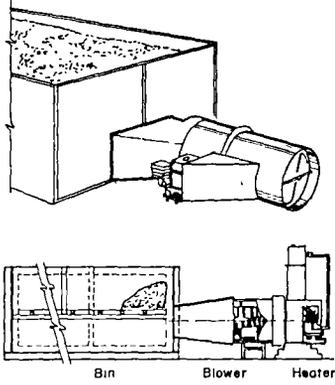


Figure 1. Séchoir «batch» à fond plat.

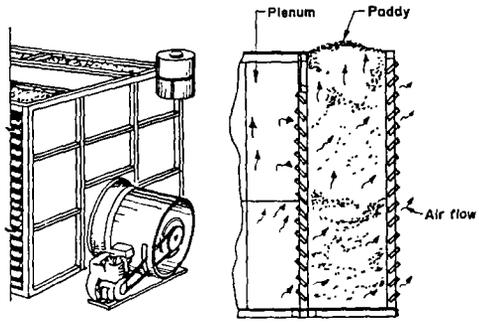


Figure 2. Séchoir «batch» à casier vertical.

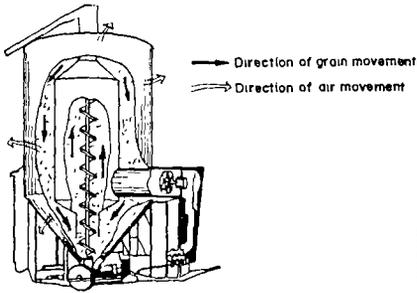


Figure 3. Séchoir à recirculation.

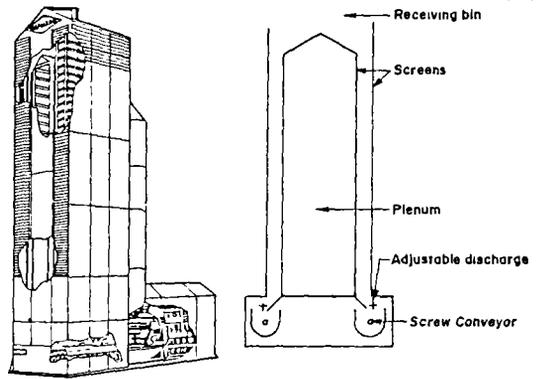


Figure 4. Séchoir à flux continu sans mélange.

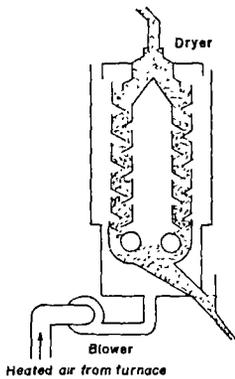


Figure 5. Séchoir à flux continu à défecteur.

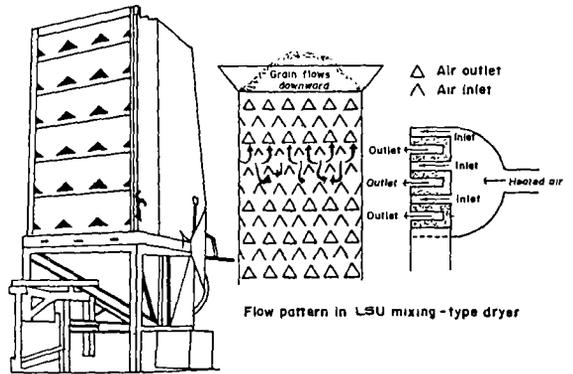


Figure 6. Séchoir à flux continu type LSU.

être corroborée par une recherche appliquée. En se fondant sur l'expérience, les critères avancés pour la conception de séchoirs se limitent essentiellement aux capacités de l'exploitation et les besoins de séchage.

Type de séchoir

Un système de séchage qui permettra de conserver le produit pendant un certain temps, jusqu'à ce que son prix augmente, constitue bien entendu une solution plus séduisante pour le fermier. C'est pour cette raison que des séchoirs polyvalents sont proposés. Les fermiers ont la possibilité de sécher et de stocker leurs produits soit individuellement, soit en groupe, le séchoir est également conçu pour accueillir différents types de denrées dans un même lot.

Echelle de modèles

Elle doit correspondre au volume de riz non décortiqué fourni par l'exploitation individuelle. Bien qu'il y ait un plus grand volume de riz disponible collectivement, le problème de le collecter dans un même temps et sans délai mérite la plus grande attention. Lorsque la diminution des pertes et l'amélioration de la qualité sont les considérations les plus importantes, alors il est préférable que le séchage s'effectue individuellement au sein de l'exploitation. Bien que la taille des communautés et les conditions géographiques ne soient pas uniformes, la solution la plus pratique, à l'heure actuelle, consiste à construire des unités de petite et moyenne taille. On ne peut envisager de modèles de grande échelle dès maintenant en raison de l'infrastructure routière et du capital dont peuvent disposer les utilisateurs potentiels.

Capacité des séchoirs

Bien qu'il existe un marché pour le riz non décortiqué mouillé aux Philippines et dans d'autres régions du Sud et du Sud-Est Asiatique, la qualité et la quantité de riz non décortiqué produit par chaque exploitation varient (taux d'humidité, variété, pureté, etc.). Ceci pose un problème pour l'utilisation d'un système de séchage à grande échelle. Par conséquent, les séchoirs ayant une capacité adéquate à l'utilisation individuelle constituent, pour l'heure, la meilleure solution. Pour déterminer cette capacité, il faut se fonder sur la production moyenne mais aussi tenir compte des fluctuations susceptibles de se produire.

Combustibles et sources d'alimentation

Compte tenu de l'augmentation vertigineuse du prix des hydrocarbures, surtout dans la plupart des pays en voie de développement qui importent ce type d'énergie, il faut inévitablement s'orienter vers des sources d'énergie non conventionnelles tels que les déchets agricoles et l'énergie éolienne. Elles existent en quantités abondantes dans toute l'Asie; elles sont des sources d'énergie tout à fait fiables pour toute application, pourvu que les techniques d'exploitation soient fournies. Par conséquent, la recherche s'est concentrée sur la mise au point de systèmes de conversion des déchets agricoles en énergie de chauffage et de conversion de l'énergie éolienne en énergie mécanique. Ces deux innovations ont énormément contribué à la mise au point de séchoirs utilisant des sources d'énergie non conventionnelles.

Matériaux de construction

On peut trouver de nombreux matériaux de construction locaux dans les communautés rurales. Les techniques utilisant ces matériaux et la créativité des fermiers ne sont pas onéreuses.

Les matériaux disponibles sont le bambou, les enveloppes et la paille de riz, la partie centrale des noix de coco, etc. Les briques utilisées pour les chaudières par exemple, peuvent être fabriquées en mélangeant de la terre ordinaire avec des enveloppes de riz réduites en cendres; le système d'isolation du séchoir peut consister en un plâtre obtenu en mélangeant de la boue et de la paille tandis que les plateaux de séchage peuvent être constitués par du bambou trempé ou de la noix de coco. Il faut donc rester modeste et étudier les systèmes de traitement actuels qui serviront de point de départ à un travail d'amélioration. Il serait en effet difficile d'importer des techniques qui en général demandent de très grandes compétences en matière de soudure ou de ferblanterie pour construire, modifier ou réparer les pièces. Les matériaux locaux, disponibles dans la région, offrent de nombreuses possibilités d'amélioration des systèmes par les fermiers eux-mêmes.

Main-d'œuvre

La main d'œuvre est particulièrement abondante et bon marché dans les zones rurales. Il ne convient pas d'introduire des techniques permettant de réduire la main-d'œuvre dans ces régions, à moins de pouvoir la réaffecter à d'autres tâches. A l'heure actuelle, les techniques qui nécessitent l'emploi de beaucoup d'ouvriers sont à conseiller pour les régions où l'offre d'emploi est faible.

Environnement socio-culturel

La technologie représente beaucoup plus qu'une simple ressource ou connaissance. Elle inclut tout le système technique, économique, institutionnel, social et politique qui est à la base d'une société. Donc toute tentative de développement d'un système de séchage doit s'adapter à l'environnement socio-politique pour que l'introduction en soit réussie. Celle-ci doit être perçue comme un encouragement au développement rural. Elle ne doit en aucun cas diviser la population sur la question de savoir qui va en bénéficier ou non. Les critères de conception d'un séchoir décrits ci-dessus peuvent donc être résumés de la façon suivante.

Le séchoir doit :

1. Être polyvalent; il doit être en mesure de sécher différents produits séparément dans un seul lot et les stocker après séchage.
2. S'adapter aux différentes capacités en tenant compte des variations du volume et de la qualité de la production.
3. Utiliser des sources d'énergie non conventionnelles telles que les déchets agricoles et l'énergie éolienne, étant donné le manque d'hydrocarbures et la mauvaise fiabilité de l'alimentation en électricité dans les exploitations les plus isolées.
4. Être simple afin de pouvoir être construit à partir de matériaux locaux par les fermiers eux-mêmes ou dans de petites fonderies locales.
5. Utiliser beaucoup de main-d'œuvre de façon à procurer des emplois pour les travailleurs agricoles sans emploi.

6. Enfin, être viable du point de vue social, économique et technique, de façon à ce que les fermiers aient les moyens de réaliser l'investissement initial et les contributions techniques nécessaires à la réduction des pertes et à l'amélioration de la qualité.

Il est cependant difficile de concevoir un séchoir qui remplisse toutes ces conditions. On propose de choisir le type de séchoir le plus adéquat en fonction du critère central.

Tableau I. Pertes en riz après la récolte (FAO, 1978).

Région et pays	Pourcentage total, perte en poids	Commentaires
Afrique Occidentale	6-24	Séchage 1-2, stockage dans l'exploitation 2-10, ébullition 1-2, mouture 2-10
Sierra Leone	10	
Ouganda	11	
Rwanda	9	
Soudan	17	Stockage central
Egypte	2,5	
Bangladesh	7	
Inde	6	Stockage non précisé
	3-5,5	Stockage traditionnel amélioré
Indonésie	6-17	Séchage 2, stockage 2-5
Malaisie	17-25	Stockage central 6, battage 5-13 séchage 2, stockage dans l'exploitation 15, manipulation 6
Népal	4-22	Dans l'exploitation 3-4, stockage dans l'exploitation 15, central 1-3
Pakistan	7	Stockage non précisé 5
	2-6	Stockage non précisé 2
	5-10	Stockage non précisé 5-10
Philippines	9-34	Séchage 1-5, stockage non précisé 2-6, battage 2-6
	→30	Atelier de Malaisie
	3-10	Manipulation
Sri Lanka	13-40	Séchage 1-5, stockage central 6,5, battage 2-6
	6-18	Séchage 1-3, stockage dans l'exploitation 2-6, mouture 2-6, ébullition 1-3.
Thaïlande	8-14	Stockage dans l'exploitation 1,5-3,5, central 1,5-3,5
	12-25	Stockage dans l'exploitation 2-15, manipulation 10
Belize	20-30	Stockage dans l'exploitation
Bolivie	16	Dans l'exploitation 2, séchage 5, stockage non précisé 7
Brésil	1-30	Stockage non précisé 1-30
République Dominicaine	6,5	Stockage dans l'exploitation 3, stockage central 0,3

Innovation de l'IRRI en matière de séchage des grains

Les séchoirs mis au point par l'IRRI se caractérisent de la façon suivante : ils sont polyvalents et utilisent des sources d'énergie non conventionnelles. Le développement part de la conception d'une chaudière à tube central alimentée par des enveloppes de riz et capable par la suite d'être alimentée par d'autres formes de déchets agricoles. Ceci a été suivi d'une étude approfondie des principes aérodynamiques et de conception et du test d'une éolienne en vortex pour favoriser l'aération ou la ventilation de toute structure. Ceci a été estimé satisfaisant pour les séchoirs à convection naturelle, ce qui permet d'éliminer l'utilisation de souffleries mécaniques.

Le travail a ensuite consisté en la mise au point des plateaux recevant le produit; depuis des paniers plats et horizontaux jusqu'à des casiers verticaux équipés de lucarnes ajustables. Ceci a été réalisé en ayant à l'esprit toutes les possibilités pour que le séchoir soit ajustable et permette de traiter différents types de produits dans des lots séparés, dans un même batch. Ces composants ont été intégrés et l'on a abouti au système de séchage de type magasin dont le concept a été introduit en 1983 [2, 3].

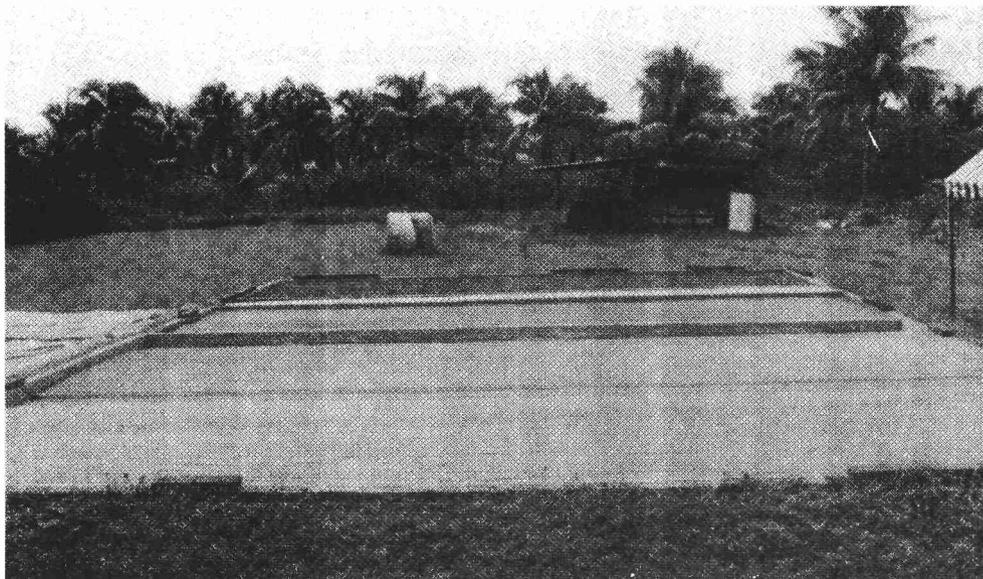
La recherche s'est alors orientée vers l'amélioration des systèmes de conversion de l'énergie : analyse du mécanisme éolien d'aération en vortex, recherche de la meilleure utilisation des matériaux de construction locaux et essais sur le terrain. La recherche en matière de séchage au soleil n'a pas été négligée non plus. Une étude sur son amélioration est en cours.

Divers autres séchoirs ont été mis au point pour s'adapter à plusieurs environnements représentatifs dans les communautés rurales et sont brièvement décrits dans l'annexe I avec les photographies correspondantes (page 80).

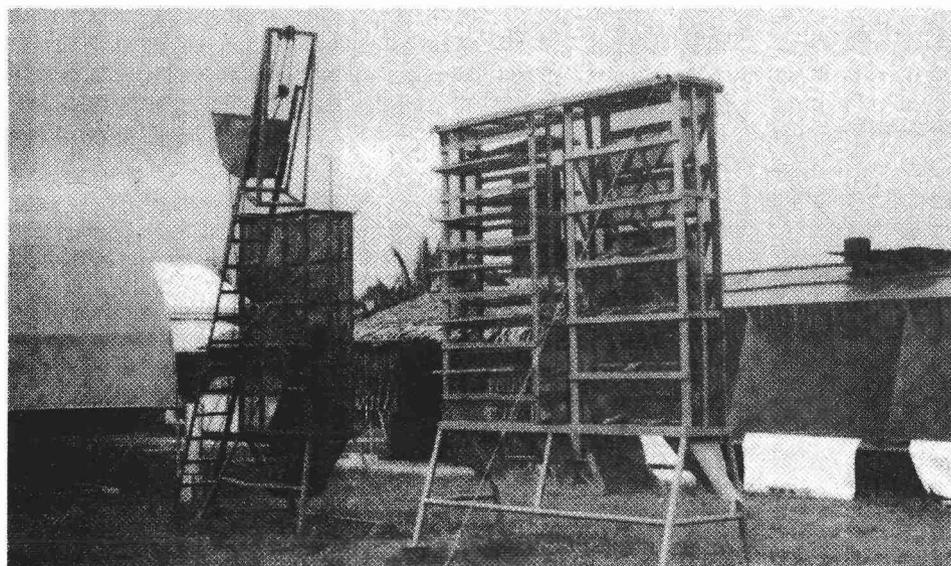
Références

1. Araullo EV, de Padua, DB, Graham M. (1976). Rice post-harvest technology. IDRC-053e. Canada.
2. Jeon YW, Halos LS, Bockhop CW. (1983). Design and performance of a multi-purpose dryer using non-conventional energy sources. 33rd Annual Convention of the Philippine Society of Agricultural Engineers. VISCA, Baybay, Leyte. 28-29 April.
3. Jeon YW, Halos LS, Bockhop CW (1984). A warehouse type dryer for drying and storing agricultural commodities. 10th international. Congress of Agricultural Engineering, International Commission of Agricultural Engineering. Budapest 3-7 September.
4. FAO. (1978). FAO Action program for the prevention of food losses : Guidelines and procedures. FAO Bulletin W/L 2783, Rome.
5. Wimberly JE. (1983). Technical handbook for paddy rice post-harvest industry in developing countries. IRRI, Los Raños, Laguna, Philippines.

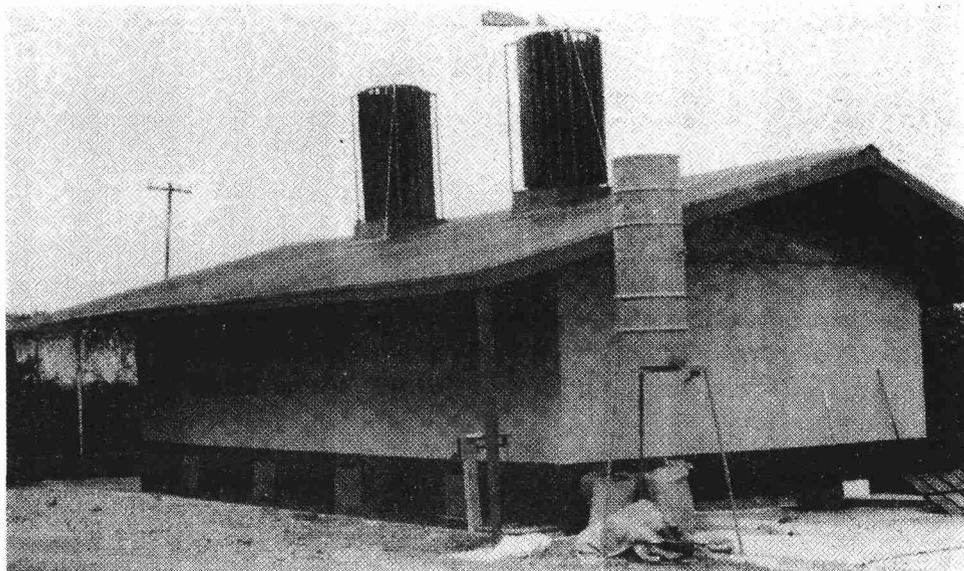
Annexe 1



A1. Amélioration des techniques de séchage solaire grâce à l'utilisation de différents matériaux pour la surface de séchage : béton, filet de plastique, toile, etc. La modulation des intervalles, de l'épaisseur de la couche de grain et de la durée du séchage fait également partie des études en cours au sein du service.



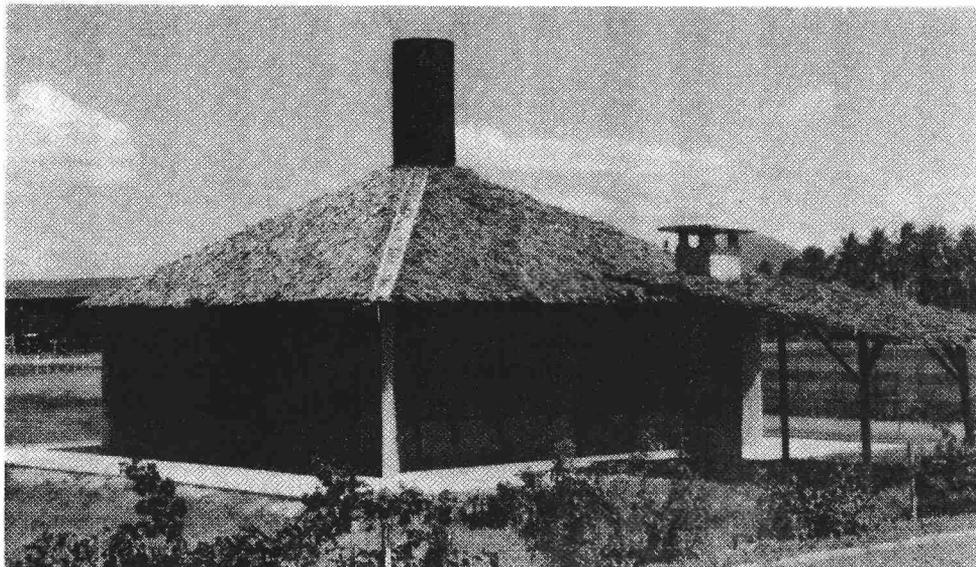
A2. Étude des composants du séchoir, pour en améliorer l'efficacité : ici, des plateaux verticaux destinés à recevoir le produit sont présentés; ils s'accompagnent d'une poulie permettant d'actionner manuellement un seau, ce qui augmente la capacité de séchage par rapport au séchage sur sol. Les plateaux verticaux peuvent être construits pour servir de plateaux de séchage solaire portables ou de composants dans un système de type magasin.



A3. Ce prototype de séchoir de type magasin de l'IRRI a une capacité de 8 tonnes et est équipé d'un mécanisme d'aération en vortex pour attirer l'air dans le magasin, d'une chaudière à tube central pour la chaleur et de plateaux disposés en deux rangées parallèles à l'intérieur. Cette unité convient pour une utilisation collective.



A4. Ce séchoir magasin de type «serre» possède un système de ventilation naturelle, un système de séchage solaire et artificiel avec une capacité accrue. Le toit peut être constitué par des feuilles de plastique transparentes ou des nattes de bambou («sawali») recouvertes d'asphalte si l'on veut qu'elles servent à capter l'énergie solaire. L'utilisation est bien adaptée aux conditions locales. Le combustible permettant le séchage artificiel est essentiellement à base de déchets agricoles et les matériaux de construction sont le bambou, le nipa et le bois existant dans la région.



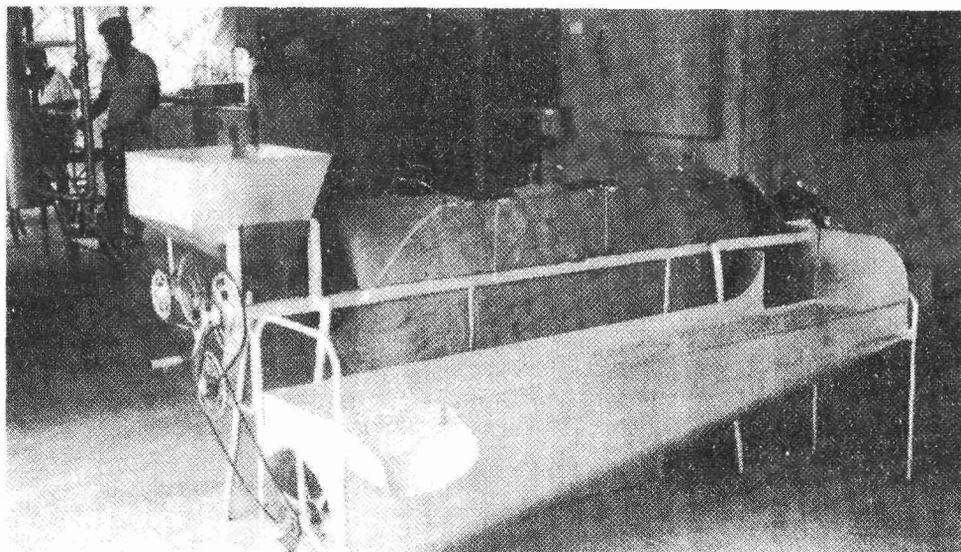
A5. Ce séchoir de type magasin «à ailes» permet de mieux sécher et stocker le produit grâce à son aération améliorée et à son espace de travail s'adaptant à toutes les conditions météorologiques. Les murs qui prolongent les quatre coins du magasin servent à capter l'énergie éolienne pour améliorer l'efficacité d'utilisation de ce type d'énergie.



A6. Un séchoir à silo modulable permettant de stocker les grains. La cheminée sert à évacuer l'air chaud pour éviter que les grains ne soient abîmés. Le double plancher est perforé de façon à ce que l'air chaud ou froid puisse être insufflé par en bas.



A7. Un séchoir de type magasin pour exploitation individuelle équipé du mécanisme d'aération en vortex, d'un cylindre de séchage rotatif qui permet à la fois de sécher et de stocker du riz non décortiqué, du blé, du manioc et d'autres produits. Il est chauffé par un four alimenté en briquettes de charbon d'enveloppes de riz.



A8. Ce séchoir rotatif à flux continu est équipé d'une section de refroidissement pour accroître la rapidité de la déshumidification. Le flux de produits sec est de 0,5 tonne de riz non décortiqué par heure. Le blé, les cacahuètes et les grains de café peuvent aussi être traités par ce séchoir. Cette toute dernière innovation permet de fournir une installation pour le séchage dans l'exploitation même. Elle met un frein au processus de dégradation du grain dans l'exploitation et est particulièrement adaptée aux régions tropicales.

9

Etat sanitaire des semences de blé et d'orge utilisées au Maroc

M. BESRI

Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, BP 6202, Rabat, Maroc

Résumé

Le Maroc n'est pas autosuffisant en céréales. Il importe annuellement près de 40 % de ses besoins totaux, dont 25 % de sa consommation en blé tendre. La production actuelle moyenne est de 44 millions de quintaux, avec un rendement moyen de 10 q/ha. Le pays peut atteindre son autosuffisance si toutes les techniques agricoles modernes sont mises en œuvre.

La plupart des maladies des céréales (charbons, caries, helminthosporioses, fusarioses, septorioses, etc.) sont transmises par les semences. Au champ, celles-ci peuvent être à l'origine de développements de maladies extrêmement graves. L'utilisation de semences sélectionnées, indemnes de maladies, est donc indispensable pour réussir la culture et augmenter les rendements.

Au Maroc, la certification des semences ne se fait que sur la base, d'une part, d'une inspection des champs de production des semences, d'autre part, d'analyses au laboratoire ne portant que sur la pureté spécifique, le taux de germination et le niveau de contamination des semences par les mauvaises herbes. L'analyse de l'état phytosanitaire des semences n'est donc pas prise en considération dans le programme de certification. Or, des études ont montré que les semences certifiées ainsi que les semences non certifiées sont gravement infectées par de nombreux agents pathogènes. Cependant, le taux d'infection des semences communes non certifiées est nettement supérieur à celui des semences certifiées. La qualité des semences utilisées se reflète sur l'incidence de nombreuses maladies au champ. Par conséquent, l'introduction des analyses sanitaires au laboratoire est fortement recommandée. L'état sanitaire des semences doit également être pris en considération lors de la certification des semences.

Introduction

Au Maroc, la population double tous les 20 ans : elle était de 9 millions d'habitants en 1956, elle est de 25 millions actuellement. Les céréales occupent 4,5 millions d'ha, soit 85 % des terres cultivées. La production actuelle moyenne est de 44 millions de quintaux avec un rendement moyen de 19q/ha [12]. Les céréales constituent l'aliment de base de la population et fournissent 67 % des apports glucidiques et 75 % des apports protéiques. La production nationale en céréales ne couvre pas les besoins du pays et les importations s'accroissent d'année en année. En effet, le Maroc qui était exportateur jusqu'en 1960 est devenu, en l'espace de deux décennies, importateur de céréales, principalement de blé tendre, les importations de cette denrée représentant 25 millions de q, soit près de 75 % des besoins [22]. Les rendements restent très faibles par rapport aux potentialités de cette culture. Des études ont montré que le potentiel de production mobilisable pour les quatre principales céréales (blé dur, blé tendre, orge et maïs) est de 74 millions de quintaux, au lieu des 44 millions produits actuellement [12]. La demande en céréales pour l'an 2000 a été estimée à 73 millions de quintaux. Le pays peut atteindre son autosuffisance si toutes les techniques modernes agricoles (pratiques culturales, semences, variétés, lutte chimique, etc.) sont mises en œuvre. L'amélioration de la qualité des semences, et particulièrement celle de leur état sanitaire, est un des facteurs pouvant contribuer à la réalisation de cet objectif.

Pathologie des semences et autosuffisance

Un mauvais état sanitaire se traduit par la présence, sur ou dans les semences, d'organes de multiplication de champignons (conidies ou fragments mycéliens), de bactéries, de virus ou de nématodes. Parmi les champignons, des saprophytes (*Penicillium* spp, *Aspergillus* spp) peuvent provoquer la stérilisation des semences. Des parasites peuvent occasionner la formation de germes anormaux, la mort des jeunes plantes, réduire l'énergie germinative des semences ou être à l'origine de développements de maladies épidémiques [13, 31]. L'utilisation de semences infectées réduit par conséquent le rendement potentiel des cultures. Elle peut également transmettre de nombreuses maladies aux plantes et contaminer des zones de cultures jusque là indemnes [31]. Même si le niveau d'inoculum initial est faible, le taux de développement de la maladie peut être très élevé si les conditions de l'environnement sont favorables [31].

Les champignons se développant sur les semences sont traditionnellement divisés en deux catégories : les champignons qui attaquent les plantes et infectent les semences en plein champ, et les champignons qui ne contaminent les graines qu'au cours de la conservation [31, 41]. La première catégorie de champignons envahit les graines avant la moisson et le battage. Leur développement nécessite la présence d'eau et une humidité relative proche de la saturation. Les champignons responsables de la détérioration des semences stockées appartiennent pour la plupart aux genres *Aspergillus*, *Penicillium* et *Bothrytis*. Ces champignons sont capables de se développer même lorsque la teneur en eau des tissus est relativement basse, mais elle doit être au-dessus d'un seuil de 14 % environ [31].

Production des semences certifiées au Maroc

Les semences certifiées sont produites à partir de semences de base. Celles-ci sont obtenues et fournies par l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA). Les semences de base sont mises à la disposition de la Société nationale de commercialisation des semences (SONACOS) qui les met en multiplication sous contrat chez des agriculteurs. La récolte de cette semence, appelée semence certifiée de 1^{ère} génération (R1), est ensuite confiée à d'autres agriculteurs afin de produire les semences certifiées de 2^e génération qui sont alors vendues aux agriculteurs pour la production du blé de consommation [5, 40].

Les champs de production de semences certifiées (1^{ère} et 2^e génération) sont contrôlés par les inspecteurs de la Direction de la Protection des Végétaux, du Contrôle Technique et de la Répression des Fraudes. Ces contrôles au champ portent essentiellement sur le respect des pratiques culturales (mode de semis, précédent cultural, isolement de la parcelle), sur l'identité variétale et l'état phytosanitaire. Dans ce dernier type de contrôle, trois maladies importantes sont prises en considération. La carie du blé (*Tilletia caries* et *T. foetida*), les charbons de l'orge (*Ustilago nuda* et *H. hordei*) et la maladie striée de l'orge (*Helminthosporium gramineum* ou *Dreischlera graminea*). Les tolérances au champ pour ces maladies toutes confondues figurent au Tableau I. Les champs répondant aux normes de certification sont alors acceptés, les autres sont refusés.

Tableau I. Tolérance au champ de quelques maladies importantes de l'orge et du blé (charbons, caries, helminthosporioses) (d'après [5]).

Semences	Tolérance (%)
Semences de base	0,02
Semences certifiées de 1 ^{ère} génération	0,05
Semences certifiées de 2 ^{ème} génération	0,1

Après la récolte, les semences provenant de champs de multiplication sont analysées au laboratoire pour déterminer leur pureté spécifique, leur taux de germination et leur niveau de contamination par les mauvaises herbes. Les lots de semences ne répondant pas aux normes sont alors rejetés. Aucune analyse sanitaire des semences n'étant effectuée au laboratoire, ce critère n'est pas pris en considération pour la certification des semences. C'est ainsi qu'un lot de semences répondant aux normes de pureté, de germination, et du niveau de contamination par les semences de mauvaises herbes, *mais infecté par des agents pathogènes*, peut être certifié.

Principales maladies fongiques transmises par les semences certifiées et non certifiées de blé et d'orge

Une semence de céréale peut héberger et transmettre ensuite de nombreux agents pathogènes. Certains, responsables de fontes de semis, (*F. roseum*, *Septoria nodorum*) peuvent occasionner soit une destruction du grain ou des déformations au niveau du coléoptile et des racines,

soit des nécroses plus ou moins importantes sur les coléoptiles, entraînant un affaiblissement des plantes et constituant, si les conditions climatiques ultérieures sont favorables, une source d'inoculum pour des infections sur les feuilles et les épis.

Après la levée, d'autres champignons transmis également par les semences apparaissent et peuvent entraîner des dégâts importants au niveau des feuilles comme au niveau des épis. Au niveau des feuilles, ce sont par exemple les helminthosporioses (*H. gramineum*, *H. teres* et *H. sativum*) qui provoquent une destruction totale ou partielle des feuillage mais également, si les conditions de l'environnement sont favorable, un échaudage de l'épi. Au niveau de l'épi, la carie du blé (*T. caries*) et les charbons nus de blé et de l'orge (*Ustilago tritici* et *U. nuda*) causent une destruction des grains.

Maladies transmises par les semences d'orge

L'orge occupe environ 50 % de la surface cultivée en céréales (2,2 millions d'ha environ). Seuls les orges à six rangs sont actuellement cultivés, à l'exception de quelques exploitations qui cultivent les orges à 2 rangs destinés généralement aux brasseries. L'orge se rencontre généralement dans des régions peu favorables. Les rendements sont par conséquent faibles (10 q/ha) comparativement aux rendements européens (30 q/ha) et mondiaux (1,7 T/ha) [25]. L'orge est destiné à l'alimentation humaine et animale.

Parmi les principales maladies importantes de l'orge transmises par les semences, citons la maladie striée (*H. gramineum*), le charbon ouvert (*U. hordei*) et le charbon nu (*U. nuda*) [8].

Maladie striée de l'orge

La maladie striée de l'orge causée par *D. graminea* est une des maladies les plus destructives pour lui. Elle est largement distribuée dans le monde [1, 14, 18, 39]. Boulif [14] a montré que 50 % des champs visités présentent de l'helminthosporiose et que l'incidence de cette maladie varie, suivant les parcelles, de 0,5 à 20 %. Les pertes de rendement dues à cet agent pathogène peuvent atteindre 55 % sur les variétés sensibles [35, 36]. Lyamani [28] a rapporté que 47 % des échantillons de semences collectées à travers le pays sont infectés par le parasite. Ce champignon a été mis en évidence dans 39 % des échantillons de semences certifiées et dans 61 % des échantillons qui ne le sont pas.

Charbon nu de l'orge

Le charbon nu de l'orge (*U. nuda*), maladie transmise uniquement par les semences, est extrêmement fréquent et important au Maroc. Le parasite se conserve sous forme de mycélium dans les embryons des semences. Tous les champs d'orge observés présentent une infection par *U. nuda* (Tableau II). Les taux d'infection de 40 % des parcelles observées varient entre 0,3 % et 2 %, taux qui sont nettement supérieurs aux tolérances établies (Tableau I) pour les semences certifiées de 2^e génération. Par conséquent, l'incidence de *U. nuda* est extrêmement importante non seulement sur les pertes de rendement qui peuvent atteindre 3 % (Tableau II) mais également sur les conséquences qui peuvent résulter de l'utilisation des semences produites.

La lutte contre *U. nuda* par traitement des semences avec de la carboxine (1 kg/M.A./T) a donné d'excellents résultats. L'incidence de la maladie a été réduite de 95 % [4, 35].

L'analyse sanitaire de 29 échantillons de semences certifiées et non certifiées a montré des taux d'infection respectifs de 55,6 % et de 75 % [28] (Tableau III). Ce niveau d'infection des

Tableau II. Incidence du charbon nu de l'orge dans 225 champs observés au Maroc (d'après [4]).

Incidence (%)	Pourcentage de champs à chaque niveau de maladie
$2 < x \leq 3$	6
$0,3 < x \leq 2$	40
$x \leq 0,3$	54

Tableau III. Pourcentage d'échantillons de semences certifiées et non certifiées infectées par *U. nuda* (d'après [28]).

Semences	Nombres d'échantillons	Pourcentage d'embryons infectés (x)					
		x=0	0<x≤0,2	0,2<x≤0,4	0,4<x≤0,6	0,6<x≤0,8	0,8<x≤1,1
Certifiées	9	44,4	0	22,2	0	11,1	22,2
Non certifiées	20	25	5	20	40	0	10

semences non certifiées est cependant supérieur à celui des semences certifiées : 50 % des échantillons de la première catégorie de semences a un niveau d'infection supérieur à 0,4 % contre seulement 33,3 % pour la seconde.

Akaaboune [3] a rapporté que 12 % du total des échantillons de semences non certifiées sont infectés par le champignon. Cet auteur ne l'a pas détecté dans les semences certifiées.

Charbon couvert de l'orge

Le charbon couvert de l'orge (*U. hordei*) peut être considéré comme étant l'une des principales maladies de cette culture au Maroc. Cette maladie, transmise par les semences, a été rapportée dans toutes les régions où l'orge est cultivé [4, 14]. L'incidence de la maladie varie entre 0,3 et 20 % (Tableau IV).

Tableau IV. Incidence du charbon couvert de l'orge (*U. hordei*) dans 225 champs d'orge au Maroc (d'après [4]).

Incidence (%)	Pourcentage de champs à chaque niveau de maladie
$5 < x < 20$	1
$2 < x < 5$	11
$0,3 < x < 2$	52
$x=0,3$	36

La production annuelle moyenne d'orge est de 21 millions de qx environ [9]. Les pertes dues au charbon couvert de l'orge peuvent varier entre 63 000 qx et 4 200 000 qx. Si nous considérons que le rendement moyen est de 10 qx/ha, ces pertes représenteraient respectivement la production de 6 300 ha à 420 000 ha.

Lyamani [28] et Akaaboune [3] ont effectué des analyses de semences certifiées et non certifiées provenant de différentes régions. Les résultats obtenus par ces auteurs ont montré que les deux types de semences sont contaminés par les spores de *U. hordei* (Tableau V). Le nombre maximum de spores rencontrées par semence non certifiée est nettement plus élevé que celui observé sur semence certifiée. Lyamani [28] a rapporté que seulement 38 % des échantillons de semences certifiées sont contaminés par le champignon. Par contre,

Tableau V. Importance de la contamination des semences d'orge certifiées et non certifiées par *U. hordei* (d'après [3,28]).

Semences certifiées	Pourcentage d'échantillons infectés	38	100
	Nombre maximum de spores/semence	10 000	9 800
Semences non certifiées	Pourcentage d'échantillons infectés	100	100
	Nombre maximum de spores/semence	80 000	250 000

Akaaboune [3] a mis en évidence le champignon dans la totalité des échantillons analysés. Le traitement des semences diminue considérablement l'incidence de la maladie au champ [4].

Maladies transmises par les semences de blé

Le blé dur et le blé tendre occupent respectivement 27,1 % et 10,8 % des 4,5 millions d'ha cultivés en céréales [9]. La production annuelle des deux cultures est de 18 360 000 qx, soit un rendement moyen de 10 à 11 qx à l'ha.

Tous les ans, le Maroc importe près de 25 % de sa consommation de blé, ce qui représente près de 192 millions de dollars [22, 29]. La faible productivité du blé, comme d'ailleurs celle des autres céréales, est principalement due au climat, aux pratiques culturales et à la qualité de semences [29].

Le blé est attaqué par plusieurs agents pathogènes [17, 31, 37]. Parmi les maladies importantes transmises par les semences citons les caries (*Tilletia* spp.), le charbon nu du blé (*U. tritici*) et la septoriose (*S. nodorum*).

Les caries

Tillet, en 1875, (cité par [2]) a été le premier à démontrer que les spores de caries, remplaçant la masse amylacée du grain, étaient responsables de la maladie. En plus des pertes de rendement, les caries diminuent la qualité de la farine et celle des semences [17].

Les dégâts dus aux caries peuvent être aussi importants dans les pays développés que dans ceux en voie de développement. En 1976, les pertes dues à *T. contraversa* dans 7 états de l'Ouest américain ont été estimées à 3,3 millions de dollars [23]. En URSS, les pertes dues aux caries sont également très importantes dans certaines régions [21].

Dans les pays en voie de développement, les caries peuvent entraîner des dégâts considérables sur le blé. Parlak [33] a rapporté qu'en Turquie les pertes dues à *T. caries* peuvent atteindre 15 % dans les parcelles semées avec des semences traitées et 90 % dans celles qui ont été semées avec des semences non traitées. Dans ce même pays, la carie naine du blé (*T. foetida*) diminue le rendement de près de 80 % dans certaines parcelles. Neergaard [31] a rapporté que les pertes dues au charbon et aux caries peuvent atteindre 40 % dans certaines régions de l'Inde.

Au Maroc, les deux espèces de *Tilletia* (*T. foetida* et *T. caries*) sont présentes [34]. Cependant, l'importance relative de chacune des deux espèces est méconnue. Dans certaines parcelles de blé, l'incidence de la maladie peut atteindre 20 % (Besri, résultats non publiés). Aucune prospection à l'échelle du pays n'a encore été effectuée pour étudier la distribution de la maladie et son impact sur le rendement. Des semences de la variété de blé dur 2 777 ont été contaminées avec 500 à 1 500 spores de carie par semence, puis semées dans deux sta-

tions expérimentales. Les pourcentages d'épis cariés estimés au niveau de chaque station ont été respectivement de 0,5 % et de 21 %. Ces résultats montrent clairement que le développement de la carie dépend des conditions de l'environnement [4].

L'analyse sanitaire de lots de semences certifiées et non certifiées a montré que les deux catégories de semences sont contaminées par les spores du champignon [4, 28, 35]. Cependant, le niveau de contamination des semences certifiées est plus faible que celui des semences non certifiées (Tableau VI). D'après Neergaard [31], une semence contaminée par plus de 20 spores ne peut être utilisée qu'après traitement. Or, certains échantillons de semences certifiées sont contaminés par plus de 20 spores-semence. Par conséquent, même les semences certifiées doivent subir un traitement contre la carie.

Tableau VI. Pourcentage d'échantillons de semences de blé infectées par *Tilletia* spp.* (d'après [4]).

Semences	Nombre (x) de spores de <i>Tilletia</i> /semence ($\times 10^3$)					
	$0 < x \leq 0,1$	$0,1 < x \leq 0,2$	$0,2 < x \leq 1$	$1 < x < 5$	$5 < x \leq 10$	$10 < x$
Certifiées	85	15	0	0	0	0
Non certifiées	0	0	13	18	25	44

* Nombre d'échantillons analysés par catégorie : 30.

Le charbon nu du blé

Le charbon nu du blé (*Ustilago tritici*) est largement distribué dans le pays [28]. L'analyse de 32 échantillons de semences certifiées et de 21 échantillons de semences non certifiées a montré que respectivement 31,3 % et 33,4 % sont infectés par le champignon (Tableau VII). Aussi, nous pouvons conclure avec Neergaard [30] que le programme de certification actuellement en cours au Maroc n'a aucun effet appréciable sur la réduction du charbon nu du blé.

Tableau VII. Pourcentage d'échantillons de semences de blé infectées par *U. tritici** (d'après [28])

Semences	Nombre (x) d'embryons infectés/1000 semences				
	$x = 0$	$0 < x \leq 2$	$2 < x \leq 4$	$4 < x \leq 6$	$6 < x$
Certifiées	68,7	15,6	6,2	6,2	3,1
Non certifiées	66,6	9,5	9,5	9,5	4,1

* 32 échantillons de semences certifiées et 21 échantillons de semences non certifiées ont été analysés

Les septorioses

Nelson *et al.* [32] ont rapporté qu'en 1972-1973, *Septoria nodorum* a entraîné en Géorgie des pertes de rendement estimées à 20 %. Lorsque les conditions sont favorables, les pertes provoquées par ce champignon transmis par les semences peuvent être plus élevées [19]. Un faible pourcentage d'infection des plantules (0,016 %) dans un champ peut entraîner un

développement épidémique de la maladie [16]. En 1968-1969, une épidémie sévère de *Sep-toria* a réduit le rendement du blé de près de 20 % [37]. La maladie a été également très sévère au Nebraska en 1982 [10].

Schluter et Janati [38] ont rapporté que *S. nodorum* est peu fréquent au Maroc. Cependant, Lyamani, en 1976, a rencontré ce champignon dans 20 % des lots de semences non certifiées, avec un pourcentage moyen d'infection de 1 %. Jusqu'à présent, aucune étude n'a été conduite pour déterminer le niveau d'infection des semences certifiées ni les pertes entraînées par le champignon.

Conclusion

Des études ont été effectuées dans plusieurs pays afin de déterminer la qualité des semences des céréales utilisées par les agriculteurs. Au Kansas, il a été rapporté que 77 % des producteurs utilisent leurs propres semences, 18 % les semences du voisin et seulement 5 % des semences certifiées [24]. Dans la province de l'Ontario, Kinsbury [26, 27] a rapporté que 38 % de semences de blé et d'orge utilisées par les agriculteurs sont de mauvaise qualité. Des résultats d'enquêtes et d'analyses similaires ont été rapportés dans d'autres pays [6, 7]. Par conséquent, le mauvais état sanitaire des semences utilisées n'est pas propre au Maroc, mais se rencontre également dans d'autres pays aussi bien développés qu'en voie de développement.

Neergaard [30] a montré que l'inspection au champ constitue une étape importante dans tout programme de certification. Cependant, cette inspection doit être complétée par des analyses sanitaires au laboratoire. Au Maroc, actuellement, les analyses de la pureté spécifique, de la faculté germinative, etc. sont entrées dans la routine et constituent des critères importants pour la certification [7]. Pour cette dernière, l'état sanitaire n'est pas pris en considération. Cette situation explique pourquoi des lots de semences certifiées sont parfois fortement infectés par de nombreux champignons phytopathogènes. Aussi, l'introduction des analyses sanitaires au laboratoire est-elle fortement recommandée afin d'améliorer la qualité des semences et, par conséquent, d'augmenter le rendement des cultures en évitant la dispersion des maladies [15].

Références

1. Abu M, Mahmood M. (1973). Résistance to *Helminthosporium stripe* in Barley cultivars in India. *Plant Dis*; 57 : 495-499.
2. Agrios GN (1978). *Plant Pathology*. Academic Press, London, New York, 703 p.
3. Akaaboune A. (1981). Etude de la qualité des semences non certifiées de blé dur, d'orge, de pois chiche et de fève utilisées dans quelques régions du Maroc. Mémoire de 3^e cycle, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II.
4. Anonyme (1976). Maladies et ravageurs des plantes cultivées au Maroc. Ministère de l'Agriculture et de la Réforme Agraire, Direction de la Recherche Agronomique.
5. Anonyme (1977). Arrêté du Ministre de l'Agriculture et de la Réforme Agraire n° 860/75 du 22 septembre 1977 portant homologation du règlement technique relatif à la production, au contrôle, au conditionnement et à la certification des semences de blé, orge, avoine et riz.
6. Anonyme (1978). Les semences certifiées des céréales. Un trésor est caché dedans. Groupement National Interprofessionnel des Semences et Plants (GNIS). Document 73, juillet 1978.

7. Anonyme (1980). Les graines de mauvaises herbes dans les semences de céréales produites à la ferme. Une des raisons parmi d'autres pour préférer les semences sélectionnées. Groupement National Interprofessionnel des Semences et Plants (GNIS). Document 79, janvier 1980.
8. Anonyme (1981). The Moroccan Barley improvement program and disease problems. Proceedings of barley diseases and associated breeding methodology workshop, Rabat-Morocco, 20-30 avril 1981.
9. Anonyme (1982). *Le message, vulgarisation agricole*. Division de la vulgarisation et de la coopération agricole.
10. Anonyme (1982 b). The latest in Plant Pathology and nematology, Plant Dis; 66 : 762.
11. Anonyme (1985 a). *Statistiques agricoles*. Ministère de l'agriculture et de la Réforme Agraire.
12. Anonyme (1985 b). Compte-rendu des journées céréalières organisées à l'intention des responsables de l'opération intensification du blé tendre. Ministère de l'Agriculture et de la Réforme Agraire, Direction de la Production Végétale, 16 pp.
13. Anselme C. (1981). Assessment of crop losses caused by seed borne pathogens. In : Chiarappa C, éd. *Crop loss assessment methods*. Supplément 3. Rome, FAO, pp. 97-101.
14. Boulif M. (1975). Contribution à l'étude des Helminthosporioses de l'orge au Maroc. Mémoire de 3^e cycle, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II.
15. Chiarappa L, Gambogi P. (1986). *Seed Pathology and Food Production*. FAO, Bulletin Phytosanitaire; 34 : 166-185.
16. Cunfer BM, Johnson JW. (1981). Relationship of glume blotch symptoms on wheat heads to seed infection by *Septoria nodoreum* Trans Br Mycol Soc; 76 : 205-211.
17. Dickson JC. (1956). *Diseases of field crops*. McGraw Hill, New York.
18. Ech-Chaabi M. (1977). La maladie striée de l'orge (*Helminthosporium gramineum*). Influence sur les rendements. mémoire de fin d'études présenté à l'Ecole d'Agriculture de Meknès.
19. Eyal Z. (1981). Integrated control of Septoria diseases. Plant Dis; 65 : 763-768.
20. FAO (1981). *Production yearbook*, Vol. 34, Rome, 296 pp.
21. Falina TE. (1981). General protection of seeds. Zashch Rast (Moscow); 3 : 28-29 (en russe) (Abstr Rev Plant Pathol; 61 : 159).
22. Hammami W. (1986). Commercialisation, transformation et utilisation des céréales au Maroc. In : *Céréales et produits céréaliers en méditerranée*. Option méditerranéenne. Institut Agronomique Méditerranéen, Montpellier, 67-69.
23. Hoffman JA. (1976). Cereal diseases research. Utah Sci; 37 : 103-106 (Abstr Rev Plant Pathology; 59 : 2681).
24. Jacque RM, Burchett LA, Vanderlip RL. (1976). *Quality of wheat in Kansas drill box seeds*. Bulletin of the Agricultural Experimental Station, 599.
25. Kamel AH. (1981). Barley diseases in the dry areas. Proceedings of barley diseases and associated breeding methodology workshop. Rabat, Morocco 20-23 April 1981.
26. Kingsbury CH. (1956). 1955 seed drill survey. Ontario soil and crop improvement association, 71-72.
27. Kingsbury CH. (1957). 1956 seed drill survey. Results and comments on how they were used. Canadian national weed committee; 10 : 56-60.
28. Lyamani A. (1975). Etude de la composition fongique associée aux semences de blé et d'orge au Maroc. Mémoire 3^e cycle, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II.
29. Mouhcine A. (1982). Production et utilisation des semences certifiées dans la région de Rommani. Mémoire de 3^e cycle, Institut Agronomique et Vétérinaire, Hassan II.
30. Neergaard P. (1975). Detection and control of seed borne diseases in Morocco. Report based on observations and discussions during a visit to Morocco. 20th to 25th July, 1975. Danish Government Institute of seed pathology for developing countries, Copenhagen (Denmark).
31. Neergaard P. (1977). *Seed Pathology*. McMillan Press, London.
32. Nelson LR, Morey DD, Brown AR. (1974). Wheat cultivar responses to severe glume blotch in Georgia. Plant Dis Rep; 58 : 21-23.
33. Parlak Y. (1981). Seed borne pathogens on wheat (particularly smuts) in Turkey. EPP0 Bull; 11 / 83-66.
34. Rieuf P. (1960). Les cahiers de la Recherche Agronomique; 9, 359 pp..

35. Rolli K. (1977). Maladies transmises par les semences des céréales. Résultats de trois années d'expérience. Bulletin de protection des cultures; 2 : 3-10.
36. Rolli K, Lyamani A, Moujane L. (1977). Maladies de l'orge transmises par les semences. Importance économique et influence d'un traitement chimique des semences sur les rendements. Bulletin de protection des cultures; 1 : 3-8.
37. Saari EE, Wilcoxson RD. (1974). Plant disease situation of high-yielding Dwarf in Asia and Africa.. Ann Rev Phytopathol; 12 : 49-68.
38. Schluter K, Janati A. (1976). Les septorioses du blé au Maroc. Phytopathologia mediterranea; 15 : 7-13.
39. Teviotdale BL, Hall DH. (1976). Factors affecting inoculum developement and seed transmission of *Helminthosporium gramineum*. Phytopathology; 66 : 295-301.
40. Tourkmani M. (1980). Les semences sélectionnées. Préparation du plan quinquenal 1980-1985. Service du contrôle et de la multiplication des semences et plants, Rabat.
41. Williams RJ, McDonal D. (1983). Grain Molds in the tropics : Problems and importance. Ann Rev Phytopathol; 21 : 153-178.