

Analyse des coûts de stockage et de conservation du maïs au Sud-Bénin

A. Arouna³, P. Y. Adégbola³ et G. Biaou⁴

Résumé

Le maïs constitue la base de l'alimentation des populations du Sud-Bénin. Il fait également l'objet d'importantes transactions commerciales. Cependant, le maïs subit d'importantes pertes post-récolte. Pour réduire ces pertes, le grenier amélioré en matériaux végétaux (bambou et mallotus), le grenier amélioré en terre fermé et le sofagrain ont été introduits au Sud du Bénin. Cette étude a évalué les coûts liés aux systèmes de stockage et de conservation du maïs. Il ressort des analyses que le grenier traditionnel est toujours le plus utilisé (48,9%), suivi du grenier amélioré en matériaux végétaux (40,9%). L'investissement initial des greniers améliorés est supérieur à celui des greniers traditionnels. Cependant, le grenier en matériaux végétaux avec sofagrain est le système le plus rentable. De plus, l'utilisation du sofagrain dans le grenier traditionnel est plus rentable que la construction du grenier amélioré. Toutefois, la construction du grenier amélioré en matériaux végétaux et l'utilisation du sofagrain procurent plus de profit.

Mots clés : Maïs, systèmes de stockage, analyse des coûts, Sud-Bénin.

Analysis of maize storage and conservation costs in Southern Benin

Abstract

Maize is the staple food of population in Southern Benin. It is also a cash crop. However, important damages due to insects and rodents occur during maize storage and conservation. In order to reduce these losses, improved wooden granaries (with *bamboo* and *mallotus*), improved earthen made granaries and sofagrain were introduced in Southern Benin. This study evaluates the cost involved by the use of these improved technologies for maize storage and conservation. The analysis show that traditional granary is still widely used (48.9%) followed by the improved wooden granaries (40.9%). The initial investments of improved granaries are higher than that of traditional granary. However, the improved wooden granary combined with sofagrain is the most profitable system for maize storage. In addition, the use of sofagrain in the traditional granary is more profitable than the construction of improved wooden granary. Therefore, the improved wooden granary combined with sofagrain remains the best alternative to traditional technology.

Key words: Maize, storage systems, cost analysis, Southern-Benin.

INTRODUCTION

Au Bénin, de toutes les cultures vivrières, le maïs se singularise par la très large extension de son aire de culture due à la grande facilité d'adaptation de la plante et de sa grande consommation (Singbo, 2000). Il constitue la principale céréale cultivée au Bénin. En effet, la culture du maïs occupe près de 70% de la superficie totale consacrée aux céréales au Bénin et représente environ 75% de la production céréalière (MAEP, 2010). La croissance annuelle de sa production avoisine 5% (MAEP, 2010). Au Sud-Bénin, le maïs constitue la base de l'alimentation des populations. Il est consommé sous des formes variées et rentre dans la préparation de plusieurs plats alimentaires. Il fait également l'objet d'importantes transactions commerciales nationales et régionales (Hell *et al.*, 2000). Cette zone a produit en 2008 près de 70% de la production maïsicole du Bénin (MAEP, 2010).

Le séchage des grains en général et du maïs en particulier est toujours un défi majeur (Diop *et al.*, 1997). C'est ce qui explique, entre autres, que le maïs subit des pertes post-récolte aussi bien qualitatives que quantitatives dues à des dégâts. Ces dégâts contribuent ainsi à mettre à mal l'approvisionnement de la population en denrées alimentaires et à réduire les revenus agricoles. Les pertes quantitatives avoisinent parfois 30 à 40 % de la production (Affognon *et al.*, 2000 ; PADSA, 2000 ; Wêthohossou, 1995). Elles sont encore plus élevées au Sud-Bénin où les conditions

³ Dr Ir. Aminou AROUNA Programme d'Analyse des Politiques Agricoles (PAPA), Centre de Recherches Agricoles d'Agonkanmey (CRA-Agonkanmey), Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB), BP 128 Porto-Novo, Tél. : (+229) 20 21 27 73/(+229) 96 07 97 77, E-mail : arouna_aminou@yahoo.fr, République du Bénin

Dr Ir. Patrice Y. ADEGBOLA, PAPA/CRA-Agonkanmey/INRAB, BP 128 Porto-Novo, Tél. : (+229) 20 21 27 73/(+229) 97 35 40 56, E-mail : patrice.adegbola@yahoo.fr, République du Bénin

⁴ Prof. Dr Ir. Gauthier BIAOU, Faculté des Sciences Agronomiques (FSA) de l'Université d'Abomey-Calavi (UAC), 01 BP 526 Cotonou 01, Tél. : (+229) 21 36 01 26 /(+229) 97 58 78 80, E-mail : gbiaou@yahoo.fr, République du Bénin

atmosphériques sont très favorables à la prolifération des insectes et des moisissures. En ce qui concerne les pertes qualitatives, elles constituent un danger pour la santé publique.

On estime que 70 à 80% de la production céréalière, dont le maïs produit dans les pays tropicaux et subtropicaux en développement, sont conservés au niveau villageois dans des structures traditionnelles de stockage, et c'est précisément à ce niveau que sont enregistrées les pertes les plus élevées (Inezdane, 2001). Pourtant, certaines technologies traditionnelles de stockage et de conservation des produits agricoles auraient pu être efficaces si elles étaient améliorées (Tchala, 2001 ; Adégbola et Gadebroek, 2007). C'est justement dans cette perspective que de nouvelles approches ont été définies.

Ces approches sont fondées notamment sur la connaissance approfondie du système existant et la définition des actions à mettre en œuvre en vue de l'amélioration du meilleur système paysan de stockage et de conservation. Se basant sur cette approche, le Projet "Système de Stockage Décentralisé" a introduit des technologies améliorées pour le stockage et la conservation du maïs au Sud-Bénin entre 1992 et 1996 (Diop *et al.*, 1997). Les expériences de ce projet ont été poursuivies à partir de 1997 dans le cadre du Programme d'Appui au Développement du Secteur Agricole (PADSA 1). Ces deux projets ont permis de mettre au point et de diffuser diverses technologies à savoir le grenier amélioré en matériaux végétaux (bambou et mallotus), le grenier amélioré en terre fermé et le sofagrain pour le stockage et la conservation du maïs. Les expérimentations en milieu paysan ont montré qu'après six mois de stockage, ces systèmes améliorés entraînent des pertes seulement d'environ 1% et 5% respectivement dans les greniers en terre fermés et en matériaux végétaux avec sofagrain (Fandohan, 2000).

Cependant, les performances techniques d'une technologie, fut-elle en milieu réel, ne suffisent pas pour préjuger de sa rentabilité (Honlonkou *et al.*, 1999). En effet, dans une économie marchande, comme celle du Sud-Bénin, la préférence d'une nouvelle technologie à celle déjà existante dépend entre autres de son avantage en termes de coût et de revenu. De plus, le coût relatif d'une nouvelle technologie par rapport aux technologies existantes constitue un facteur important susceptible d'influencer l'adoption (Diagne, 2007 ; Diagne, 2006 ; Dimara et Skuras, 2003 ; Feder *et al.*, 1985). Ainsi, cette étude vise à comparer l'investissement initial des greniers améliorés et des greniers traditionnels, à quantifier les coûts des systèmes améliorés et traditionnels de stockage et de conservation du maïs au Sud-Bénin, ainsi que la rentabilité de ces systèmes. Des études ont été déjà effectuées sur les systèmes améliorés de stockage/conservation du maïs au Bénin (Diop *et al.*, 1997 ; Fandohan, 2000). Mais, ces études ont abordé l'importance et les causes des pertes en grains de maïs dans les structures paysannes. Elles ont aussi mis l'accent sur les techniques de construction des greniers en vue de réduire les dégâts. Ainsi, les aspects liés au coût et à la rentabilité des systèmes traditionnels et améliorés de stockage/conservation du maïs n'ont été que très peu abordés.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Choix de la zone d'étude et échantillonnage

La zone Sud-Bénin, située approximativement entre 6°20 et 7°30 de la latitude Nord et entre 1°35 et 2°45 de la longitude Est, couvre une superficie de 17.920 km², soit environ 16% du territoire national. L'effectif démographique du Sud-Bénin est de 4.078.150 habitants soit 60,4% de la population nationale (INSAE, 2003). Cette zone est soumise à l'influence d'un climat tropical humide de type soudano-guinéen marqué par deux saisons de pluie et deux saisons sèches. La courte saison sèche que l'on observe en août tend de plus en plus à disparaître. Ce qui pose le problème de séchage des grains dont le maïs. La pluviométrie annuelle varie entre 800 et 1.400 mm en moyenne. Sur le plan édaphique, on estime qu'environ 70% des terres du Sud-Bénin présentent une bonne potentialité agricole pour les cultures vivrières dont le maïs (INRAB, 1996).

Les problèmes de stockage et de conservation du maïs y sont plus importants que dans le Nord-Bénin. En effet, les conditions atmosphériques du Sud-Bénin (hygrométrie élevée et température variant entre 22°C et 33°C) sont très favorables à la prolifération des insectes ravageurs et des moisissures (Diop *et al.*, 1997). Des systèmes améliorés de stockage du maïs y ont été introduits depuis les années 1960. Les producteurs ont alors une longue et riche expérience dans les systèmes améliorés et traditionnels de stockage/conservation du maïs. De plus, les exploitations de cette zone bien qu'étant tout d'abord orientées vers la subsistance, commercialisent aussi le maïs. C'est en raison de ces caractéristiques que la zone Sud-Bénin est choisie pour mener cette recherche.

Cette recherche a été effectuée dans 13 villages répartis dans cinq départements (Atlantique, Plateau, Ouémé, Couffo et Zou) du Sud-Bénin. Ces villages sont des villages d'intervention du projet

« Systèmes de stockage décentralisés » et du PADSA. L'enquête par questionnaire structuré a été réalisée auprès des producteurs et productrices du maïs. Au total, 479 producteurs ont été enquêtés.

Méthode de détermination des coûts des systèmes de stockage

L'approche analytique, utilisée pour mesurer la rentabilité, consiste à déterminer le système de stockage le plus avantageux du point de vue des coûts (Arouna, 2002). Les coûts du système de stockage sont composés des coûts fixes et des coûts variables. Les coûts variables sont composés des frais des différentes opérations de stockage et le coût des pertes enregistrées lors du stockage. Du point de vue méthodologique, il s'agit d'une comparaison entre les situations « avec » et « sans » systèmes améliorés de stockage/conservation du maïs. Ainsi, pour déterminer les avantages relatifs d'un système de stockage, on calcule la différence entre le coût total du système de référence (système traditionnel le plus utilisé) et le coût total du système alternatif. Si la différence est positive, c'est le système alternatif qui est le plus rentable, si elle est au contraire négative, le système de stockage de référence est le plus rentable. Parmi plusieurs systèmes alternatifs, le système optimal sera celui qui présente la différence positive la plus élevée. Cette différence permet également de faire un classement des différents systèmes. Le meilleur système ayant la différence positive la plus élevée occupe la première place. Si un système de substitution occupe un rang supérieur au système de référence, alors il est avantageux d'abandonner le système de référence au profit du système alternatif. Lorsqu'un système alternatif occupe au contraire une place inférieure, un tel changement entraîne une perte pour le producteur. Cette approche nécessite la détermination des différents coûts. La comparaison de ces coûts est faite par l'analyse de variance (ANOVA). Les différents coûts sont calculés de la manière suivante :

Coûts fixes

Les coûts fixes comprennent le coût du grenier et des équipements de stockage.

✓ *Coût du grenier*

Ce coût prend en compte les coûts des matériaux et de la main-d'œuvre nécessaire pour la construction du grenier et les coûts d'entretien. La durée de vie d'un grenier peut être de plusieurs années. Ainsi, on calcule le coût moyen annuel d'un grenier ou annuité, qui est la somme de l'amortissement annuel, des frais d'entretien annuels, ainsi qu'un certain taux d'intérêt pour l'immobilisation du capital. Le coût moyen annuel d'un grenier s'exprime par (Arouna, 2002) :

$$K(j) = A(j) + Z(j) + I(j) \quad (1)$$

avec j est le type de grenier, $K(j)$ représente le coût moyen annuel du grenier, $A(j)$ est l'amortissement, $Z(j)$ représente l'immobilisation de capital et $I(j)$ les frais d'entretien annuel.

En raison de la longue durée d'utilisation des greniers améliorés, il est recommandé pour déterminer les coûts moyens $K(j)$ de recourir à la méthode de calcul approximatif des annuités de Schneider cité par Albert (1992), qui donne :

$$K(j) = \frac{E+B}{n} + [(E+B) * f - B] * (q-1) + E * r \quad (2)$$

où E représente le coût de construction, B est le coût de démolition, n représente la durée d'utilisation, $(q-1)$ est le taux d'intérêt de calcul avec $(q-1) = \frac{i}{100}$ et i (en %) est le taux d'intérêt, r est le facteur coût de réparation, f le facteur immobilisation du capital qui est calculé par la formule :

$$f = \frac{q^n}{q^n - 1} - \frac{1}{n(q-1)} \quad (3)$$

✓ *Coût des équipements de stockage*

Les équipements ou matériels de stockage sont des objets utilisés pour le stockage. Il s'agit en l'occurrence de biens d'équipement, à durée d'utilisation variable, et qui nécessitent également des besoins en capital plus ou moins importants. Il s'agit des bassines, des paniers et des sacs de jute.

Ces équipements étant utilisés sur plusieurs années, le calcul du coût moyen annuel est identique à celui du grenier. Ainsi, les annuités d'un équipement de stockage se calculent selon la formule suivante :

$$E(j) = \frac{C-R}{n} + [(C-R) * f + R] * (q-1) + C * r \quad (4)$$

où C est le prix d'achat, R représente la valeur résiduelle, n la durée d'utilisation, $(q-1)$ est le taux d'intérêt de calcul, f le facteur d'immobilisation du capital, r le facteur (coefficient) coût de réparation.

Dans le contexte du Sud-Bénin, les équipements ne sont pas réparés pour la plupart et sont utilisés jusqu'à ce qu'on les jette. Ainsi $R=0$ et $r=0$ et il s'ensuit que :

$$E (j) = \frac{C}{n} + C * f * (q - 1) \quad (5)$$

Coûts variables

Les coûts variables comprennent toutes les dépenses qui sont liées à la quantité du maïs stocké à savoir :

Le Coût de préparation du maïs à stocker ou déstocké et de commercialisation : ces frais de préparation interviennent lorsqu'on modifie la forme du produit avant sa mise en stock ou avant la commercialisation. C'est par exemple, le despathage et l'égrenage du maïs avant le stockage dans les structures de stockage en terre fermée. De plus, la commercialisation entraîne certains coûts comme le transport qui sont pris en compte.

Le coût du stockage et du déstockage : il s'agit de la rémunération de la main-d'œuvre nécessaire pour mettre le maïs dans le grenier (chargement) et pour le déstocker (déchargement).

Le coût de conservation du maïs : lorsqu'il y a utilisation de produits de conservation des stocks, les coûts de ces produits sont pris en compte de même que la fréquence de traitement, les frais d'application et l'immobilisation du capital.

La perte de stockage en valeur monétaire : cette perte, encore appelée perte financière, représente la somme chiffrée des pertes quantitatives survenues au cours du stockage avec un système de stockage donné. Ainsi, il est nécessaire de quantifier les pertes liées à chaque système de stockage. Pour chaque système de stockage (type de grenier et mesure de conservation), la moyenne des taux de perte a été calculée. Ainsi, pour calculer la perte quantitative, on multiplie la quantité stockée par le taux de perte moyen. La perte financière s'obtient en multipliant la perte quantitative par le prix moyen du maïs au moment du déstockage.

L'immobilisation du capital du stock de maïs : le maïs stocké constitue une immobilisation du capital. L'intérêt sur ce capital immobilisé fait partie également de la structure des coûts variables.

Les coûts sont répartis en deux catégories : les coûts financiers variables et les coûts calculés. Les coûts financiers variables représentent les dépenses effectives pour le producteur, alors que les coûts calculés ne reposent pas sur des dépenses (Adégbola, 2010 ; Maboudou, 2003).

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Description des systèmes de stockage et conservation du maïs au Sud-Bénin

Un système de stockage est constitué d'une structure de stockage (grenier) et d'une mesure de conservation dans le but de protéger les stocks contre l'attaque des différents ravageurs. Il existe une multitude de greniers traditionnels au Sud-Bénin qui sont généralement catégorisés en deux groupes (Diop et al., 1997 ; Adégbola et Fandohan, 2001) : le type « Ago » et le type « Ava ». Les structures de type « Ago » sont rencontrées dans tout le Sud-Bénin. La toiture conique de ces greniers est faite de paille (*Imperata cylindrica*). La cage de forme rectangulaire ou circulaire est en branchage ou nervures du palmier à huile (*Elaeis guineensis*). Les greniers de type « Ava » sont constitués d'une toiture en paille. Les épis de maïs non despathés entassés et minutieusement bien disposés en couches, définissent un grand cylindre qui tient lieu de cage. Pour ce qui concerne les greniers améliorés, deux types de structures ont été introduits :

- les greniers améliorés en matériaux végétaux : la toiture est faite de paille dans laquelle une ouverture est créée pour le chargement. La cage circulaire est faite le plus souvent de bambou ou de mallotus tressé. Une autre ouverture est aussi créée au niveau de la cage pour favoriser le déchargement. La plate-forme est le plus souvent plate et parfois conique et elle est supportée par des pieds (au nombre de 7 à 9) munis d'un dispositif anti-rats fait de feuille de tôle. Ces pieds, d'une hauteur de deux mètres environ, sont imbibés d'huile de vidange (pour lutter contre l'attaque des termites) avant d'être mis en terre ; et
- les greniers améliorés en terre fermés : ils sont également protégés par une toiture en paille. La cage est un corps fait de terre de termitière pétrie et consolidée par des herbes tendres hachées. Elle prend la forme d'une jarre et munie de vanes de vidange dans sa partie inférieure. La plate-forme est un socle plat et bas, le plus souvent fait de ciment. Au Sud-Bénin, ce type de grenier est introduit dans les départements situés entre le 7^{ème} et le 8^{ème} parallèles (Couffo, Zou et Plateau). Le maïs y est stocké sous forme de grain dont la teneur en eau doit être inférieure ou égale à 13 % (Fandohan, 2000).

Tout comme dans le cas des greniers, il existe aussi des méthodes traditionnelles et améliorées de conservation du maïs au Sud-Bénin. Les méthodes traditionnelles ou paysannes reposent sur une diversité de produits endogènes. Ces produits qui sont fonction des zones ont un effet aussi bien préventif que curatif contre les ravageurs. Les produits les plus répandus sont la cendre du bois, le pétrole, le gas-oil et l'eau issue de la distillation du vin de palme (Arouna, 2002). Les produits de conservation introduits consistent à l'utilisation du sofagrain, de l'actellic, des feuilles et dérivées de neem (*Azadirachta indica*). Les producteurs utilisent également les insecticides destinés à la protection du cotonnier pour la conservation du maïs.

La combinaison de ces différents types de greniers avec les mesures de conservation a permis d'identifier les systèmes de stockage/conservation du maïs dans la zone d'étude (tableau 1). Il ressort de ce tableau que neuf systèmes sont effectivement utilisés pour le stockage et la conservation du maïs par les producteurs enquêtés. Le système de grenier traditionnel avec traitement aux produits locaux (18,2%) est le système de stockage le plus utilisé et a été choisi comme système de référence pour l'analyse des coûts. Le grenier traditionnel est utilisé par 48,9% des enquêtés et 40,9% parmi eux possèdent le grenier amélioré en matériaux végétaux. Par contre, seulement 10,2% ont construit le grenier amélioré en terre fermé. Il ressort que beaucoup de producteurs utilisent le grenier traditionnel et que le grenier amélioré en terre fermé n'a pas encore connu une large diffusion. De plus, on ne remarque pas une différence de répartition des systèmes suivant le sexe.

Tableau 1. Distribution des différents systèmes de stockage selon le sexe (%)

Types de système	Répartition (%)		
	Homme (n=392)	Femme (n=87)	Total (n=479)
Grenier traditionnel + Produits traditionnels	18,1	18,4	18,2
Grenier traditionnel + Sofagrain	9,0	8,1	8,8
Grenier traditionnel + insecticides du cotonnier	12,0	11,5	11,9
Grenier traditionnel + Sans produit	10,2	9,2	10,0
Sous-total (grenier traditionnel)	49,3	47,2	48,9
Grenier amélioré en matériaux végétaux + Produits traditionnels	13,8	11,5	13,4
Grenier amélioré en matériaux végétaux + Sofagrain	17,8	17,4	17,7
Grenier amélioré en matériaux végétaux + insecticides du cotonnier	3,1	3,4	3,1
Grenier amélioré en matériaux végétaux + Sans produit	7,6	2,3	6,7
Sous-total (grenier amélioré en matériaux végétaux)	42,3	34,6	40,9
Grenier amélioré en terre fermé + Produits traditionnels ¹	0	0	0
Grenier amélioré en terre fermé + Sofagrain	8,4	17,2	10,0
Grenier amélioré en terre fermé + insecticides du cotonnier ¹	0	0	0
Grenier amélioré en terre fermé + Sans produit (1)	0	1,1	0,2
Sous-total (grenier amélioré en terre fermé)	8,4	18,2	10,2
Total	100	100	100

(1) Systèmes non inclus dans l'échantillon

Structures des coûts des systèmes de stockage et conservation

Coûts fixes

Ces coûts comprennent les coûts de la structure de stockage et des équipements (matériels) nécessaires dans les différentes opérations liées au stockage.

Coût de construction des greniers

L'adoption des systèmes améliorés de stockage/conservation du maïs commence d'abord par la construction d'un grenier amélioré. L'investissement dans la construction des greniers peut être divisé en deux parties : les frais des matériaux et les frais de la main-d'œuvre. A capacité (contenance) égale, l'investissement initial dans les greniers améliorés (en matériaux végétaux et en terre fermé) est nettement supérieur à celui des greniers traditionnels (tableau 2).

Les greniers améliorés en matériaux végétaux coûtent relativement moins chers que les greniers améliorés en terre fermés. En effet, pour construire un grenier amélioré en terre fermé, le producteur doit investir près du double du coût de construction d'un grenier traditionnel. Cela confirme, comme l'ont aussi montré Adégbola et Fandohan (2001), que l'investissement initial peut constituer une contrainte à l'adoption des greniers améliorés surtout par les petits producteurs. La structure du coût de construction des greniers montre que le grenier amélioré en terre fermé est plus exigeant en main-d'œuvre que le grenier traditionnel et le grenier amélioré en matériaux végétaux (tableau 2). La construction des greniers en terre fermés s'effectue en saison sèche et est échelonnée sur plusieurs mois. Elle demande également un professionnalisme. Par exemple, dans le cadre du Projet « Système de Stockage Décentralisé », seulement douze producteurs sur vingt cinq formés ont pu maîtriser la construction des greniers améliorés en terre fermés lors des formations organisées en 1993 et 1994 (PADSA, 2000). C'est ce qui explique que pour construire les greniers en terre, les producteurs font appel à une main-d'œuvre spécialisée et, par conséquent, coûteuse.

Tableau 2. Coût moyen de construction des greniers (FCFA/tonne)

Type de grenier	Coût		
	Matériaux	Main-d'œuvre	Total
Grenier traditionnel (n=234)	8.083 (16)	5.386 (14)	13.469 (13)
Grenier amélioré en matériaux végétaux (n=196)	12.377 (17)	8.965 (11)	21.342 (10)
Grenier amélioré en terre fermé (n=49)	10.639 (13)	15.819 (15)	26.458 (15)
F de Fisher	69,82***	197,19***	143,07***

n = nombre de grenier ; () = Coefficient de variation en %, ***= significatif à 1%.

Coût d'entretien annuel du grenier

Le maintien en bon état des greniers exige généralement des entretiens. Ces entretiens portent principalement sur la réparation ou le remplacement de la toiture dont la durée de vie est très courte. De même, il faut remplacer les poteaux après 2 à 3 ans en raison de l'attaque des termites et des borers. Il ressort de l'analyse que le coût d'entretien annuel est faible pour les différents types de greniers (tableau 3). Cependant, les frais d'entretien annuel des greniers traditionnels sont relativement plus élevés. Ceci est dû au fait que les greniers améliorés ne nécessitent pas d'entretien tous les ans, puisque les producteurs font souvent deux à trois ans au moins avant de refaire la toiture. Par contre, les greniers traditionnels sont, en raison de leur précarité, entretenus ou repris chaque année pour réduire les dégâts des rongeurs et de l'eau de pluie.

Tableau 3. Coût d'entretien et coût moyen annuel des greniers (FCFA/tonne)

Type de grenier	Coûts d'entretien (FCFA/tonne)	Coût moyen annuel (FCFA/tonne)
Grenier traditionnel (n=234)	2.191 (11)	9.528 (4)
Grenier amélioré en matériaux végétaux (n=196)	1.673 (9)	6.248 (10)
Grenier amélioré en terre fermé (n=49)	1.891 (13)	5.799 (9)
F de Fisher	7,99***	28,77***

n= nombre de greniers, () = coefficient de variation en %, ***= significatif à 1%

Annuité

L'utilisation des greniers à durée de vie dépassant une année entraîne des coûts annuels, que l'on appelle encore annuité. Ces annuités ont été calculées pour les trois types de grenier suivant la méthode des annuités approximatives exposée dans la partie de méthodes d'analyse. Il ressort des résultats que les producteurs qui disposent de grenier traditionnel supportent un coût fixe supérieur à ceux qui utilisent les greniers améliorés (tableau 3). Bien que l'investissement initial des greniers améliorés soit supérieur à celui des greniers traditionnels, c'est plutôt les greniers traditionnels qui engendrent des annuités les plus élevées. Ceci s'explique par le fait que les greniers améliorés ont une durée de vie nettement supérieure à celle des greniers traditionnels. En effet, la durée de vie des greniers traditionnels n'excède guère 3 ans en général contre 8 à 10 ans pour les greniers améliorés en matériaux végétaux et 15 à 20 ans voir plus pour les greniers améliorés en terre fermés. La longue durée de vie des greniers améliorés permet de réduire la valeur des amortissements.

Coûts liés aux équipements de stockage

La méthode de calcul des coûts moyens annuels est identique à celle utilisée pour le calcul des annuités des greniers. Dans la zone d'étude, les matériels utilisés dans l'activité de stockage sont les sacs de jute, les bassines et les paniers. Les coûts annuels liés à l'utilisation de ces matériels sont en fonction du nombre de chaque matériel (tableau 4). Les bassines ont les annuités les plus élevées (environ 2.600 FCFA).

Tableau 4. Annuités des matériels de stockage (FCFA/tonne de maïs stocké)

Type de matériels	Nombre (a)	Durée de vie (année)	Prix d'achat moyen (FCFA)	Annuité par unité (b)	Annuité totale (c=a*b)
Panier (n= 172)	4 (11)	1,97 (8)	420 (5)	288 (9)	1152 (9)
Sac de jute (n=99)	4 (8)	2,3 (5)	400 (10)	247 (7)	988 (7)
Bassine (n=118)	3 (14)	6,4 (10)	3.146 (11)	864 (5)	2.592 (5)
Total	-	-	-	-	4.732

n= nombre de matériel, () = coefficient de variation en %

Coûts variables

Ces coûts comportent aussi bien des coûts réels liés aux différentes opérations qui sont qualifiés de coûts financiers variables et des pertes évaluées en argent qui représentent les coûts calculés. Les coûts financiers représentent des dépenses effectives pour le producteur.

Coûts financiers variables

Il est regroupé sous ce vocable, les coûts qui représentent les dépenses réelles du producteur et dépendent de la quantité du maïs stocké. Ces coûts concernent les frais des opérations de stockage (chargement) et de déstockage (déchargement) ; les coûts de préparation du maïs destiné au stockage ou déstockage et de commercialisation ; les coûts des mesures de conservation. Les coûts financiers variables sont calculés par système de stockage et pour une tonne de maïs stocké (tableau 5).

Tableau 5. Coûts financiers variables des opérations de stockage du maïs (FCFA/tonne équivalent grain)

Type de système	Coût en francs CFA				
	Stockage	Déstockage	Préparation du maïs	Conservation	Total
Grenier traditionnel + Produits traditionnels (n=87)	3.498 (9)	.2042 (11)	10.790 (15)	872 (4)	17.202 (9)
Grenier traditionnel + Sofagrain (n=42)	3.062 (14)	1.974 (11)	10.095 (12)	4.008 (12)	19.139 (12)
Grenier traditionnel + insecticides du cotonnier (n=57)	3.952 (12)	2.606 (6)	12.466 (12)	2.649 (9)	21.673 (9)
Grenier traditionnel + Sans produit (n=48)	4.310 (6)	1.599 (10)	10.840 (14)	0	16.749 (10)
Grenier amélioré en matériaux végétaux + Produits traditionnels (n=64)	2.832 (13)	1.455 (9)	9.948 (11)	637 (10)	14.872 (10)
Grenier amélioré en matériaux végétaux + Sofagrain (n=85)	2.958 (13)	1.367 (10)	9.541 (6)	3.692 (8)	17.558 (8)
Grenier amélioré en matériaux végétaux + insecticides du cotonnier (n=15)	3.980 (11)	1.781 (11)	10.951 (6)	2.765 (10)	19.477 (10)
Grenier amélioré en matériaux végétaux + Sans produit (n=32)	4.150 (9)	1.157 (12)	9.178 (10)	0	14.485 (10)
Grenier amélioré en terre fermé + Sofagrain (n=48)	2.791 (10)	1.061 (9)	11.762 (11)	3.047 (6)	18.661 (9)
F de Fisher entre les systèmes				3,44**	25,69***

n= effectif, () = coefficient de variation en %, ** et ***= significatif respectivement à 5% et 1%.

Il existe une différence significative entre les coûts de conservation suivant les méthodes utilisées. Ces coûts sont faibles dans le cas des produits traditionnels. La plupart des produits traditionnels sont des produits non commercialisés. Néanmoins, l'application de ces produits a un coût lié à la main-d'œuvre. Le sofagrain est le produit le plus cher. Son coût représente environ 4 à 5 fois le coût lié à la méthode traditionnelle de conservation. Les opérations de chargement et de déchargement nécessitent aussi de la main-d'œuvre et ont ainsi un coût. Le chargement nécessite relativement plus d'heures de travail que le déchargement du grenier. Le déchargement du grenier amélioré en terre fermé coûte moins cher en raison de la présence de la vanne et de la forme du produit stocké (maïs en grain). Pour le stockage du maïs en grain, il faut prendre en compte les coûts de préparation du fait que le maïs doit être despathé et égrené avant la mise en grenier. Dans le cas où le maïs est stocké en spath, ces opérations interviennent directement à la suite du déstockage car le maïs est généralement vendu en grain au Sud du Bénin. A ces coûts s'ajoutent les coûts liés à la commercialisation (transport, taxes de marché, etc.).

Coûts calculés

Ces coûts comprennent la perte évaluée en argent (perte financière) et les coûts d'immobilisation du capital.

Perte financière

La perte quantitative du maïs en stock a été convertie en valeur monétaire. Le taux de perte moyen calculé pour chaque système varie entre 2,8% et 18,1% après huit mois de stockage (août à mars) (Tableau 6).

Tableau 6. Perte financière pour différents systèmes de stockage et conservation (FCFA/tonne)

Type de système	Taux de perte (%)	Perte financière (FCFA)
Grenier traditionnel + Produits traditionnels (n=87)	13,7 (8)	19.121 (8)
Grenier traditionnel + Sofagrain (n=42)	7,0 (10)	9.879 (9)
Grenier traditionnel + insecticides du cotonnier (n=57)	10,8 (6)	15.496 (8)
Grenier traditionnel + Sans produit (n=48)	18,1 (9)	27.692 (11)
Grenier amélioré en matériaux végétaux + Produits traditionnels (n=64)	8,5 (8)	12.431 (8)
Grenier amélioré en matériaux végétaux + Sofagrain (n=85)	5,4 (9)	8.218 (9)
Grenier amélioré en matériaux végétaux + insecticides du cotonnier (n=15)	9,6 (8)	12.902 (8)
Grenier amélioré en matériaux végétaux + Sans produit (n=32)	14,3 (11)	19.764 (10)
Grenier amélioré en terre fermé + Sofagrain (n=48)	2,8 (8)	4.029 (8)
F de Fisher entre les systèmes	3,65***	29,51***

n= effectif, ()= coefficient de variation en %, *= significatif à 1%.**

L'effet des systèmes améliorés de stockage/conservation du maïs sur la réduction des pertes quantitatives est remarquable. La différence entre les systèmes est hautement significative. Les pertes sont plus faibles dans les systèmes améliorés que dans les systèmes traditionnels. La réduction des pertes avec les greniers améliorés en matériaux végétaux avec le traitement au sofagrain s'explique, entre autre, par le fait que le grenier amélioré est muni d'un dispositif d'anti-rat qui permet de réduire de manière significative l'attaque des rongeurs. En effet, ces rongeurs causent environ 30% des pertes de stockage. De plus, l'utilisation du sofagrain permet de lutter contre les insectes qui, eux seuls, causent près de 44% des pertes enregistrées au cours du stockage (Foua-Bi, 1989).

Coût d'immobilisation du capital du stock du maïs

Le stock du maïs représente de toute évidence une immobilisation de l'argent. Ce qui a un coût. Ce coût est déterminé par les taux d'épargne en vigueur dans les institutions financières. Le taux de 3% pratiqué par la Fédération des Caisses d'Epargne et de Crédit Agricole Mutuel (FECECAM) pour l'épargne a été considéré dans les calculs. Soulignons que le taux de 3% a été choisi car la FECECAM est l'institution de microfinance (IMF) ayant le réseau le plus étendu au Bénin. De plus, près des ¾ des clients des IMF utilisent les services de la FECECAM (PNUD, 2007). Le prix du maïs au moment du stockage est utilisé pour calculer la valeur du stock. Le coût d'immobilisation du capital du stock est évalué à 1.580 FCFA/tonne pour 8 mois de stockage.

Analyse des coûts totaux des systèmes

Ce coût s'obtient par la somme des coûts fixes (coût du grenier et des matériels) et des coûts variables (coûts financiers et coûts calculés) (tableau 7). Dans le cas des greniers en terre, le coût total prend en compte le coût du pré-stockage qui est en moyenne 17.720 FCFA/tonne (Arouna, 2002). La différence entre le coût du système de référence (grenier traditionnel avec produits traditionnels) et les autres systèmes est aussi calculée. Cette différence a permis de faire un classement des systèmes de stockage (tableau 8).

Tableau 7. Coûts totaux des systèmes de stockage du maïs (FCFA/tonne de maïs stocké)

Type de système	Annuités		Coût en francs CFA				total (7)
	du grenier (1)	des matériels (2)	fixe total (3)	financier variable (4)	calculé (5)	variable total (6)	
Grenier traditionnel + Produits traditionnels (n=87)	9.528	4.732	14.260	17.202	20.701	38.903	52.163
Grenier traditionnel + Sofagrain (n=42)	9.528	4.732	14.260	19.139	11.459	30.598	44.858
Grenier traditionnel + insecticides du cotonnier (n=57)	9.528	4.732	14.260	21.673	17.076	38.249	52.509
Grenier traditionnel + Sans produit (n=48)	9.528	4.732	14.260	16.749	29.272	46.021	60.281
Grenier amélioré en matériaux végétaux + Produits traditionnels (n=64)	6.248	4.732	10.980	14.872	14.011	28.883	39.863
Grenier amélioré en matériaux végétaux + Sofagrain (n=85)	6.248	4.732	10.980	17.558	9.798	27.356	38.336
Grenier amélioré en matériaux végétaux + insecticides du cotonnier (n=15)	6.248	4.732	10.980	19.477	14.482	33.959	44.939
Grenier amélioré en matériaux végétaux + Sans produit (n=32)	6.248	4.732	10.980	14.485	21.344	35.829	46.809
Grenier amélioré en terre fermé + Sofagrain (n=48)	5.799	22.452	28.251	18.561	5.609	24.170	52.421

(1) Ceux sont les résultats du tableau 4 ; (2) Pour les greniers en terre l'annuité des matériels prend en compte le coût du pré-stockage qui est de 17720 FCFA/tonne (Arouna, 2002) ; (3) C'est la somme des colonnes (1) et (2) ; (4) Ce sont les résultats du tableau 5 ; (5) C'est la somme de la perte financière (tableau 6) et du coût d'immobilisation du capital du stock du maïs ; (6) C'est la somme de (4) et (5) ; (7) C'est la somme de (3) et (6).

Tableau 8. Différence entre le coût du système de référence et les autres systèmes

Type de système	Différence avec le système de référence	Rang
Grenier amélioré en matériaux végétaux + Sofagrain (n=85)	13.827	1 ^{er}
Grenier amélioré en matériaux végétaux + Produits traditionnels (n=64)	12.300	2 ^{ème}
Grenier traditionnel + Sofagrain (n=42)	7.305	3 ^{ème}
Grenier amélioré en matériaux végétaux + insecticides du cotonnier (n=15)	7.224	4 ^{ème}
Grenier amélioré en matériaux végétaux + Sans produit (n=32)	5.354	5 ^{ème}
Grenier traditionnel + Produits traditionnels (n=87)	0	6 ^{ème}
Grenier amélioré en terre fermé + Sofagrain (n=48)	- 258	7 ^{ème}
Grenier traditionnel + insecticides du cotonnier (n=57)	- 346	8 ^{ème}
Grenier traditionnel + Sans produit (n=48)	- 8.118	9 ^{ème}

Le grenier amélioré en matériaux végétaux avec traitement au sofagrain est le système le moins coûteux et par conséquent le plus rentable des systèmes étudiés. Ce système permet une réduction de coûts de près de 13.827 FCFA/tonne par rapport au système de référence (grenier traditionnel avec produit traditionnel). La substitution du système traditionnel par le système amélioré en matériaux végétaux avec le sofagrain est alors financièrement rentable et profitera aux producteurs. Par contre, le grenier amélioré en terre fermé avec sofagrain est plus coûteux que le système de

référence. L'adoption d'un tel système entraînera évidemment un manque à gagner au producteur. On constate que la rentabilité des greniers en terre est encore problématique au Sud-Bénin.

Le système formé par le grenier amélioré en matériaux végétaux avec traitement au produit traditionnel occupe la deuxième place, vient ensuite le système de grenier traditionnel avec sofagrain. Les systèmes de grenier amélioré en matériaux végétaux avec insecticides du cotonnier et sans produit occupent respectivement les 4^{ème} et 5^{ème} places. Tous ces cinq systèmes sont moins coûteux que le système de référence et l'adoption de ces systèmes est rentable pour le producteur. Le système de grenier traditionnel avec insecticides du cotonnier ou sans produit est plus coûteux que le système de référence. En effet, ces deux systèmes occupent respectivement les 8^{ème} et 9^{ème} places par rapport au système de référence. Alors, toute substitution effectuée entre l'un quelconque de ces deux systèmes et le système de référence est une perte financière.

L'utilisation de méthodes de conservation est rentable et le sofagrain se révèle comme le produit le plus économique (tableau 8). L'utilisation des produits locaux pour la conservation du maïs dans les greniers en matériaux végétaux est plus rentable que l'utilisation des insecticides du cotonnier. Ces produits chimiques ne sont pas efficaces pour la conservation du maïs et ils sont coûteux. Le producteur gagnerait à utiliser le sofagrain et à défaut les produits locaux au lieu d'utiliser les insecticides du cotonnier qui d'ailleurs ne sont pas recommandés en raison de leur toxicité et du danger qu'ils représentent pour la santé publique. L'usage des insecticides du cotonnier ne peut s'expliquer que par le fait qu'ils sont disponibles à crédit. Alors un mécanisme de vente à crédit du sofagrain pourrait aussi faciliter son utilisation par les producteurs. Ceci pourrait permettre la disparition de l'usage des insecticides du cotonnier pour la conservation du maïs.

En comparant l'efficacité des structures de stockage, il ressort que les greniers améliorés en matériaux végétaux sont plus rentables que les autres greniers. En effet, le grenier amélioré en matériaux végétaux sans traitement occupe le rang 5 alors que le grenier traditionnel sans produit ne vient qu'en 9^{ème} position (tableau 8). Enfin, en comparant l'efficacité des greniers améliorés et celle du sofagrain, on constate que le sofagrain est plus rentable que les greniers améliorés. En effet, lorsque le paysan traite son grenier traditionnel au sofagrain, il réduit les coûts de 7.305 FCFA/tonne environ par rapport au système de référence, alors que la construction de grenier amélioré en matériaux végétaux seule ne permet qu'une réduction de 5.354 FCFA/tonne. Le producteur a alors avantage, s'il tient à diviser le paquet technologique, d'utiliser le sofagrain dans son grenier traditionnel que de construire le grenier amélioré. Toutefois, la construction du grenier amélioré en matériaux végétaux et l'utilisation du sofagrain lui procurent plus de profit.

CONCLUSION

Dans la recherche des stratégies en vue de réduire les pertes post-récolte du maïs, des systèmes améliorés de stockage/conservation du maïs ont été introduits au Sud-Bénin. Cette étude s'est basée sur l'analyse des coûts pour évaluer la rentabilité financière des systèmes aussi bien améliorés que traditionnels de stockage/conservation du maïs. L'investissement initial des greniers améliorés est nettement supérieur à ce qui est nécessaire pour la construction des greniers traditionnels. Pour construire les greniers améliorés en terre fermés, le producteur doit investir près du double du coût d'installation des greniers traditionnels. Il faut noter que les producteurs ne maîtrisent pas encore bien la technique de construction des greniers en terre. Ainsi, la construction de ces greniers est un marché monopolisé par les paysans qui ont été formés. Le coût de ces systèmes améliorés représente un investissement initial important que le petit producteur n'arrive pas à faire en raison de ses moyens limités. Le système amélioré formé de grenier en matériaux végétaux avec traitement au sofagrain est le système le plus rentable. A contrario, le système de grenier amélioré en terre fermé avec sofagrain est moins rentable que le système paysan (grenier traditionnel avec produit traditionnel). L'adoption d'un tel système entraîne évidemment un manque à gagner au producteur. Par ailleurs, l'utilisation des méthodes de conservation est rentable au Sud-Bénin et le sofagrain se révèle comme le produit le plus économique. La comparaison de l'efficacité des greniers améliorés et de celle du sofagrain révèle que le sofagrain est plus rentable que les greniers améliorés. Le producteur a alors avantage, s'il tient à diviser le paquet technologique, d'utiliser le sofagrain dans son grenier traditionnel que de construire le grenier amélioré.

Dans une optique d'incitation à l'adoption de ces technologies améliorées de stockage, certaines actions doivent être entreprises. Ainsi, il faut rendre disponibles au niveau des villages, les matériaux de construction des greniers améliorés à travers une vulgarisation des espèces alternatives. Ceci permettrait de réduire substantiellement le coût de construction. En outre, il convient de mettre sur pied des structures d'octroi de crédit en nature (sofagrain) ou en espèce en particulier aux petits

producteurs et aux femmes productrices et revendeuses de maïs. Enfin, il faut élargir la formation des producteurs en techniques de construction des greniers améliorés.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adégbola, P.Y., 2010: Economic Analyses of maize storage Innovations in southern Benin. Thèse, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands, 191p.
- Adégbola, P., C. Gardebroek, 2007: The effect of information sources on technology adoption and modification decisions. *Agricultural Economics* 37, 55-65.
- Adégbola, P., Fandohan, P., 2001 : Acceptabilité des systèmes améliorés de stockage du maïs au Sud du Bénin. INRAB/PADSA/PAPA, Porto-Novo, 13 p.
- Affognon, H., D. Kossou, A. Bell, 2000 : Développement participatif de technologies post-récolte au Bénin. GTZ, Eschborn
- Arouna, A., 2002 : Impact économique des systèmes améliorés de stockage/conservation du maïs au Sud du Bénin. Thèse d'Ingénieur Agronome, FSA/UAC, Abomey-Calavi, 2002, 147 p.
- Diagne, A., 2006: Diffusion and adoption of Nerica rice varieties in Côte d'Ivoire. *The Developing Economies* XLIV-2, 208-231.
- Diagne, A., M. Demont, 2007: Taking a new look at empirical models of adoption: average treatment effect estimation of adoption rates and their determinants. *Agricultural Economics* 37, 201-210.
- Dimara, E., Skuras, D., 2003: Adoption of agricultural innovations as a two-stage partial observability process. *Agricultural Economics* 28, 187-196.
- Diop, A. A., D. J. Hounhoungan, K. D. Kossou, 1997 : Conservation et transformation des grains. 1-140 p In : Diop, A. A., (ed), Manuel de référence pour techniciens spécialisés. Technologie post-récolte et commercialisation des produits vivriers. PADSA/DANIDA, Danemark.
- Fandohan, P., 2000 : Introduction du grenier fermé en terre au Sud-Bénin pour le stockage du maïs. Rapport technique de la recherche- INRAB- PTAA, Porto-Novo, 29 p.
- Feder, G., E. Juste, Z. Richard David, 1985: Adoption of agricultural innovation in developing countries: a survey. *Economic Development and Cultural Change* 73 (2), 255-298.
- Foua-Bi, K., 1989 : Les problèmes de la post-récolte en Afrique : Etat actuel-Perspective d'avenir : 15-21. In : Céréales en régions chaudes : conservation et transformation. "Acte du colloque international de Technologie". Cameroun.
- Hell, K., K.F. Cardwella, M. Setamou, H.M. Poehling, 2000: The influence of storage practices on aflatoxin contamination in maize in four agroecological zones of Benin, West Africa. *Journal of Stored Products Research* 36, 365-382.
- Honlonkou, N.A., M.V. Manyong, T. N'guessan, 1999: Farmers' perceptions and the dynamics of adoption of a resource management technology: the case of Mucuna fallow in southern Benin, West Africa. *International Forestry Review* 1(4) : 228-235.
- Inezdane, A., 2001 : Systèmes traditionnels de stockage et de conservation des denrées alimentaires en Afrique : 58-72. In : Isabelle, A. G., (ed), La lutte contre les déprédateurs des denrées stockées par les agriculteurs en Afrique.
- INRAB (Institut National des Recherches Agricoles du Bénin), 1996 : Plan directeur de la recherche agricole du Bénin. INRAB, Cotonou, Bénin.
- INSAE (Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique), 2003 : Troisième recensement général de la population et de l'habitat de février 2002 : Résultats définitifs. INSAE, Cotonou, Bénin.
- Maboudou, A. G., 2003 : Adoption et diffusion de technologies améliorées de stockage du maïs en milieu paysan dans le centre et le nord du Bénin. DEA, Université de Lomé, Lomé, Togo, 108 p.
- MAEP (Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche), 2010 : Annuaire de la statistique : campagne 2009-2010. Cotonou, Bénin.
- PADSA (Programme d'Appui au Développement du Secteur Agricole), 2000 : Evaluation à mi parcours du PADSA. Rapport final. Cotonou, 80 p.
- PNUD (Programme des Nations Unies pour le Développement), 2007 : Diagnostic approfondi du secteur de la microfinance au Bénin. PNUD, Cotonou, Bénin, 66 p.
- Singbo, A. G., 2000 : Performance du système de Commercialisation du maïs et rentabilité de sa production : cas ses sous-préfectures d'Adjohoun et de Dangbo (Sud-Bénin). Thèse d'Ingénieur Agronome. FSA/UNB, Abomey-Calavi, Bénin.
- Tchala, W., 2001 : Facteurs influençant la quantité et la qualité des stocks alimentaires : 170-179. In : La lutte contre les déprédateurs des denrées stockées par les agriculteurs en Afrique. Actes du premier colloque international du réseau africain de recherche sur les bruches. Lomé.
- Wêtohossou C., 1995 : Stratégies paysannes de gestion des stocks de maïs : le cas du Bénin : 228-231. In : CIRAD et FSA-UNB (eds.) Production et valorisation du maïs à l'échelon villageois en Afrique de l'Ouest. Actes du séminaire «Maïs prospère» tenu à Cotonou (Bénin), 25-28 janvier 1994.