

Log in or Register to get access to full text downloads.

Username

Password

Remember me

or

[JOURNAL HOME](#)

[ABOUT THIS JOURNAL](#)

[ADVANCED SEARCH](#)

[CURRENT ISSUE](#)

[ARCHIVES](#)

Annals of Agronomic Sciences is a scientific review which goal is to publish original articles, technical notes, reviews of literature, scientific information, in all the fields of sciences and biological technology, ecology, biochemistry, biotechnology, geology, soil sciences, agro-feedings, human and animal nutrition. Articles are written in French or English with a detailed summary of a half-page in the second language. The authors having regularly paid their annual contribution profit from 12 pages per number for the publication of their articles. They profit from 10 drawn with share from their articles when they are published.

Vol 19, No 1 (2015)

Table of Contents

Articles

[Pression foncière et individualisation des droits fonciers ruraux. Les limites de la théorie évolutionniste des droits de propriété, une étude de cas au Sud-Bénin](#)

Z. Y. Magnon, L. Adjahouhou, K. M. Nassi, C. R. Tossou, R. Mongbo, G. Biaou

1-18

[EMAIL FULL TEXT](#)

[DOWNLOAD FULL TEXT](#)

[Cartographie et gestion des principaux points d'abreuvement aménagés des troupeaux transhumants au nord est du Bénin](#)

P Lesse, J. Djenontin, B. Yabi, I. Toko, B. Tente, M. Houinato

19-40

[EMAIL FULL TEXT](#)

[DOWNLOAD FULL TEXT](#)

[Effet de l'émulsion d'huile de colza sur le puceron aphid craccivora pour la protection intégrée du niébé \(*Vigna unguiculata*\)](#)

T.B.C. Alavo, DK Mensah

41-49

[EMAIL FULL TEXT](#)

[DOWNLOAD FULL TEXT](#)

[Variabilité pluviométrique de la grande saison agricole et ses incidences sur la production du maïs dans la commune de ze au Benin](#)

I. Yabi, M. M. Kouassi, M.-S. Issa, F. Afouda

51-75

[EMAIL FULL TEXT](#)

[DOWNLOAD FULL TEXT](#)

[Effets de la taille et des régions phytogéographiques sur la diversité floristique et la structure des forêts sacrées au Bénin](#)

I. Toko Imorou, P. C. Djogbenou, O. Arouna, E. S. Sogbossi, B. Sinsin

77-95

[EMAIL FULL TEXT](#)

[DOWNLOAD FULL TEXT](#)

[Production du zooplancton à partir des déjections animales et son importance dans la vie des larves de poisson: Synthèse bibliographique](#)

H.H. Akodogbo, H. Agadjihouédé, C. A. Bonou, E.D. Fiogbé

97-113

[EMAIL FULL TEXT](#)

[DOWNLOAD FULL TEXT](#)

[Importance de la terre arable dans la recolonisation végétale des sites de carrières calcaires au sud de la République du Bénin](#)

A.I. Aitondii, M.S.S. Tovi, B. Sinsin

115-135

[EMAIL FULL TEXT](#)

[DOWNLOAD FULL TEXT](#)

HOW TO USE AJOL...

- [for Researchers](#)
- [for Librarians](#)
- [for Authors](#)

OTHER RESOURCES...

- [for Researchers](#)
- [for Journals](#)
- [for Authors](#)
- [for Policy Makers](#)
- [about Open Access](#)
- [FAQ's](#)
- [News](#)
- [AJOL jobs](#)
- [More about AJOL](#)
- [AJOL's Partners](#)

for Authors

OTHER RESOURCES...

- [for Researchers](#)
- [for Journals](#)
- [for Authors](#)
- [for Policy Makers](#)
- [about Open Access](#)
- [FAQ's](#)
- [News](#)
- [AJOL jobs](#)
- [More about AJOL](#)
- [AJOL's Partners](#)
- [Contact AJOL](#)
- [Terms and Conditions of Use](#)

CURRENT ISSUE

[ATOM 1.0](#)

[RSS 2.0](#)

[RSS 1.0](#)

521 African Journals

- [Browse By Category](#)
- [Browse Alphabetically](#)
- [Browse By Country](#)
- [List All Titles](#)
- [Open Access Titles](#)

Featuring journals from 32 Countries:

- [Algeria \(5\)](#)

INFLUENCES DES CONDITIONS DE STOCKAGE SUR LA QUALITÉ DES ENGRAIS MINÉRAUX DESTINÉS À LA CULTURE DU COTON ET DU MAÏS AU BÉNIN

G. D. DAGBENONBAKIN*, N. R. AHOYO ADJOVI*, A. J. P. DJENONTIN**, C. E. AGBANGBA***, E. C. KOGBETO*, J. DJOGBEDE****, A. KATARY****, H. A. AZONTONDE*, A. ADJANOHOUN*, A. M. IGUE* & G. A. MENSAH

*Institut National des Recherches Agricoles du Bénin –dagust63@yahoo.fr

**Université de Parakou, Faculté d'Agronomie - djenjoan@gmail.com

***Université Cheikh Anta Diop, Faculté des Sciences et Techniques

****Projet Multinational d'Appui à la Filière Coton-Textile dans les quatre pays de l'Initiative Sectorielle sur le Coton (PAFICOT)-Bénin

RÉSUMÉ

Le niveau de fertilité naturelle de plus en plus bas des sols du Bénin contraint les producteurs à accorder désormais plus d'importance aux engrais minéraux. L'objectif de l'étude est d'évaluer l'influence des conditions de stockage sur la qualité des engrais minéraux au Bénin. Les conditions de stockage du magasin évaluées sont : l'architecture de construction; les conditions de milieu ambiant; les infrastructures intérieures; le contenu, présence de mammifères rongeurs à l'intérieur, l'odeur à l'intérieur, l'état du plancher et de la toiture. Les autres conditions concernent l'état des emballages, la consistance des engrais minéraux, la hauteur d'empilement des sacs d'engrais minéraux et la présence ou non d'insectes de reptiles. Des échantillons d'engrais ont été collectés dans 84 magasins des sites de distribution répartis dans les différentes zones agroécologiques du Bénin à l'exception de la zone Sud. Le dosage de l'azote (N), du phosphore (P_2O_5) et du potassium (K_2O) a été effectué. Les résultats ont montré que 14 % des magasins visités contenaient, en plus des engrais, des insecticides et des herbicides. Dans 61% des magasins, les engrais étaient disposés à même le sol et 46 % des magasins ne disposaient pas de palettes. Les 43 % des magasins étaient bien aérés. Les conditions de stockage entraînaient des pertes du complexe $N_{14}P_{23}K_{14}S_5B_1$ de 18 % de N à Gogounou, 22 % de P_2O_5 à Savalou et 30 % de K_2O à Djidja. Les plus faibles pertes étaient de 1,4 % de N à N'Dali, de 2,2 % de P_2O_5 à Banikoara et de 11,1 % de K_2O à Bembéréké. Les pertes les plus faibles au niveau de l'engrais des vivriers $N_{10}P_{20}K_{20}$ étaient de 0,3 % de N à Bembéréké, de 4,5 % de P_2O_5 et de 0,2 % de K à Savè alors que les pertes les plus élevées de N variaient de 32 à 52,5 % à Matéri et de 86,2 % à Sinendé. La durée de stockage, l'état du magasin et les conditions de stockage sont les causes de dégradation de la qualité des engrais appliqués au coton, et au maïs au Bénin.

Mots clés : Entreposage, altération, unités fertilisantes.

INFLUENCE OF STORAGE CONDITIONS ON THE QUALITY OF MINERAL FERTILIZERS FOR COTTON AND MAIZE CULTIVATION IN BENIN

ABSTRACT

The very low level of natural soil fertility in Benin forced producers to now granting more importance to inorganic fertilizers which directly provide nutrients to cotton and grain. Storage conditions of the store valued were: the architecture of construction; environmental conditions; infrastructures inside; the content, presence of rodent mammals inside, the odor, the state of the floor and the roofing. Other conditions concerned: the state of packing, the consistence of mineral fertilizers, the height of stacking bags of mineral fertilizers and the presence or not of bugs and reptiles. The objective of the study is to analyze the influence of storage conditions for mineral fertilizers stored in the distribution sites on their quality in Benin. Fertilizer samples collected in 84 stores in different agroecological zones of Benin were analyzed. The results showed that 14 % of visited stores contained not only fertilizers but insecticides and herbicides. In 61 % of stores, fertilizers were arranged on the ground and 46% of the stores did not have pallets. Forty-three percent of the stores were well ventilated and against 50 % poorly ventilated. The storage conditions would induce loss of fertilizer units in the complex $N_{14}P_{23}K_{14}S_5B_1$ of 18%N in Gogounou, 22% P_2O_5 in Savalou and 30% K_2O in Djidja. The lowest losses were 1.4%N in N'dali; 2.2% P_2O_5 in Banikoara and K_2O 11.1% in Bemberéké. As to the fertilizer of food $N_{10}P_{20}K_{20}$, lower losses were 0.3% N in Bembéréké, 4.5% P_2O_5 and 0.2% in Savè while highest ranged from 32 to 52.5% in Matéri and 86.2 % in Sinendé. The storage duration, the state of the store and storage conditions are the causes of the deterioration of the quality of fertilizer applied to crops in Benin.

Keywords : Storage, alteration, fertilizer units

INTRODUCTION

L'agriculture est le moteur essentiel de la croissance économique de l'Afrique de l'Ouest et constitue le principal moyen de subsistance pour environ 65 % de la population (IFDC, 2012). Le secteur agricole contribue pour 30-40 % au produit national brut (PNB) de la région et à plus de 15 % des revenus régionaux d'exportation. Il est par conséquent le secteur le mieux placé pour contribuer à la réduction de la pauvreté en Afrique, de façon rapide et durable (IFDC, 2012). L'intensification agricole peut représenter une menace à la durabilité de l'agriculture si elle n'est pas couplée à une restauration adéquate de la fertilité des sols. La connaissance quantitative de la perte en unités fertilisantes des engrais appliqués dans les champs contribue à comprendre les difficultés de correction de l'état de la dégradation des sols et peut se révéler utile pour concevoir des stratégies de gestion des apports des unités fertilisantes.

La culture du coton représente pour de nombreux pays de par le monde un secteur stratégique du fait de son importance économique. Au Bénin, le secteur du coton est une source d'emplois et de revenus pour la plupart des exploitations agricoles. Chaque année, le secteur du coton fournit près de 70 milliards de francs CFA à environ 2 millions de producteurs, procure 80 % des recettes d'exportation et contribue à 3,8 % au PIB au Bénin (Togbé *et al.*, 2014). Toutefois, bien que stratégique, la filière coton reste un domaine peu stable du fait des nombreux problèmes auxquels elle est confrontée. Maboudou (2014) affirme que les cotonculteurs sont confrontés depuis presque une décennie d'années aux multiples contraintes comme l'augmentation du prix des intrants, l'augmentation du prix du coton sur le plan mondial, la mauvaise qualité des intrants et le retard de paiement des cotonculteurs. Outre les problèmes institutionnels, les problèmes les plus importants au niveau du producteur sont d'ordre économique et environnemental. En effet, le coton est la seule culture bénéficiant d'un apport systématique d'engrais minéraux et de produits phytosanitaires (Sinzogan *et al.*, 2007), sous forme de crédits accordés aux producteurs et plus des trois quarts des engrais minéraux et des insecticides importés au Bénin sont destinés à la seule culture du coton (Matthess *et al.*, 2005).

Le maïs occupe aujourd'hui une place relativement importante dans la production céréalière en Afrique de l'Ouest. Au Bénin, il occupe la première place dans le système alimentaire national jouant ainsi un rôle déterminant dans la lutte contre la pauvreté et la sécurité alimentaire (Adégbola *et al.*, 2013). Le maïs occupe près de 82 % de la superficie totale consacrée aux céréales et représente environ 84 % de la production céréalière (DPP/MAEP, 2010). Il est même à ce jour la céréale la plus consommée (246 g par habitant et par jour) loin devant le riz et le sorgho (Hounhouigan *et al.*, 1999). Le maïs fait l'objet d'importantes transactions commerciales et représente de ce fait une source non négligeable d'emplois et de revenus dans les villes et campagnes. En conséquence, il fait partie intégrante de la vie sociale et économique des populations du Bénin.

Au Bénin, environ 22.750 tonnes d'engrais minéraux destinés à la cotonculture sont importés par an (CountryStat, 2011). Pourtant, une partie de cette quantité n'est pas utilisée pour la campagne cotonnière à laquelle elle est destinée, si bien que celle-ci reste stockée dans les magasins des sites de distribution pendant encore au moins un an. Aussi, l'application des engrais minéraux sur les vivriers bien qu'ayant été vulgarisée, est très peu pratiquée par les producteurs (Honlonkou, 1999). Cette situation qui résulterait d'un jugement économique basé sur la minimisation des coûts, a conduit les

producteurs à développer des stratégies pour rentabiliser leurs opérations. Dans une étude diagnostique effectuée par Saïdou *et al.* (2003), une des alternatives trouvées par les paysans est d'installer les cultures vivrières sur les soles de cotonnier. Les cotonculteurs produisent aussi des cultures vivrières surtout le maïs auxquelles ils appliquent une partie des intrants destinés à la cotonculture. Les producteurs affirment notamment que les cultures succédant au cotonnier, bénéficient des arrières-effets de fumure, lesquels relèvent et maintiennent la fertilité des sols et les rendements des vivriers sur au moins deux ans. Il s'en suit que l'utilisation de l'engrais destiné à la culture du coton au maïs explique en partie les faibles rendements enregistrés sur le coton graine, alors que la recherche agricole a déterminé la quantité d'intrants indispensables à la cotonculture, base sur laquelle les quantités importées sont calculées. Par ailleurs, quelques producteurs acquièrent des quantités d'engrais inférieures à leurs besoins réels. Aussi, certains des producteurs ayant bénéficié du crédit sur intrant bradent une partie des engrais reçus afin de faire face aux problèmes pécuniaires qu'ils rencontrent. Dans le cadre de la convention signée entre le Centre de Recherches Agricoles d'Agonkanmey (CRA-Agonkanmey) de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB) et le Projet Multinational d'Appui à la Filière Coton-Textile (PAFICOT)-Bénin dans les quatre pays de l'Initiative Sectorielle sur le Coton, une étude est conduite de 2011 à 2014 sur la qualité des engrais minéraux stockés dans les magasins sur les sites de distribution au Bénin (Azontondé & Mensah, 2011 ; Azontondé & Mensah, 2012 ; Kogbéto *et al.*, 2013 ; Djènantin *et al.*, 2014a).

Lors de l'élaboration des cahiers de charges relative à la fourniture d'engrais coton, les prévisions d'engrais dépassant les quantités à utiliser réellement sont faites pour satisfaire les besoins des vivriers. La filière des vivriers n'étant pas aussi organisée que celle du coton, cette prévision faite pour les vivriers n'est pas souvent totalement consommée si bien qu'au fil des années, des accumulations d'engrais dans les magasins sont observées. Les engrais minéraux destinés à la cotonculture sont stockés dans des magasins pour la plupart hors normes sur les sites de distribution et leurs conditions d'entreposage conduisent non seulement à la baisse de leurs qualités mais aussi et surtout à la baisse des rendements du coton graine au Bénin (Djenontin *et al.*, 2014a). En effet, les engrais notamment ammoniacaux dégagent des odeurs qui repoussent les techniciens lors de l'ouverture desdits magasins. Les sacheries ne respectent pas les normes requises et les engrais coulent et perdent leur qualité si bien que leur efficacité sur les cultures n'est plus évidente. Tout ceci pose des problèmes environnementaux importants aux populations de ces localités. Alors que le niveau de fertilité chimique naturelle très bas des sols du Bénin contraint les producteurs à accorder désormais plus d'importance aux engrais minéraux qui apportent directement les unités fertilisantes au cotonnier et aux vivriers. Il est important que ces engrais minéraux qui sont chèrement acquis par les producteurs soient utilisés avec efficacité de manière à minimiser les pertes de nutriments notamment au niveau des magasins de stockage en vue de garantir une production satisfaisante. C'est pour cela que l'objectif principal de l'étude est d'analyser l'influence des conditions de stockage des engrais minéraux dans les magasins des sites de distribution sur leur qualité.

MILIEU D'ETUDE

La présente étude, démarrée en 2011, a été effectuée sur les quatre campagnes agricoles de la période allant de 2011 à 2014 et a permis de parcourir diverses Communes des Départements de l'Alibori et du Borgou au Nord-Est, des Départements de l'Atacora et de la Donga au Nord-Ouest, des Départements des Collines et du Zou au Centre du Bénin (figure 1). Les magasins de stockage d'engrais minéraux installés dans les sites de

distribution de diverses Communes dans les zones d'intervention du Projet d'Appui à la Filière Coton Textile (PAFICOT) – Bénin ont été visités (Figure 1). Les caractéristiques comparées des magasins d'entreposage considérés aux regards des conditions de stockage des engrais sont résumés dans le Tableau 1, Tableau 2, Tableau 3 et Tableau 4.

Tableau 1. Doses d'engrais minéraux et d'unités fertilisantes dans les essais soustractifs pour la cotonculture

Communes	Types d'engrais	Années	Magasins	Constats
Kandi	N ₁₄ P ₂₃ K ₁₄ S ₅ B ₁	2011	✓ bien aéré, ✓ toit coulant par endroits	✓ sacs d'engrais entreposés à même le sol alors que des palettes existent avec des sacs de maïs stockés dans le même magasin;
	N ₁₄ P ₂₃ K ₁₄ S ₅ B ₁ et Urée	2011	<i>village de Kassakou;</i> ✓ peu aéré et ne disposant pas de palettes ; le sol n'est pas cimenté.	
	N ₁₄ P ₂₃ K ₁₄ S ₅ B ₁ et urée (46% N)	2011	<i>village de Gansosso ;</i> peu aéré et ne dispose pas de palettes.	
	N ₁₄ P ₂₃ K ₁₄ S ₅ B ₁ et urée (46% N)	2011	<i>SDI à Kandi;</i> ✓ peu aéré et ne disposant pas de palettes, ✓ entrepôts peu espacés ayant 3 à 4 m de hauteur; ✓ dégagement de grande chaleur induisant une forte élévation de température	✓ sacs d'engrais disposés à même le sol;
Malanville	N ₁₀ P ₂₀ K ₂₀	2011	<i>CeCPA de Malanville;</i> ✓ bien aéré; ✓ sol cimenté et humide ne disposant pas de palettes,	✓ sacs d'engrais entreposés à même le sol
	N ₁₄ P ₂₃ K ₁₄ S ₅ B ₁ et urée (46% N)	2011 et 2012	<i>Village de Guénéé ;</i> ✓ peu aéré et disposant de très peu de palettes;	✓ nombreux sacs d'engrais déposés à même le sol. ✓ entreposage des boîtes des produits phytosanitaires tels que Tihan et herbicide Callifor G
Gogounou	N ₁₄ P ₂₃ K ₁₄ S ₅ B ₁ et urée (46% N)	2011	<i>CeCPA de Gogounou;</i> ✓ bien aéré; sol cimenté et humide ne disposant pas de palettes,	✓ les sacs d'engrais entreposés à même le sol
	N ₁₄ P ₂₃ K ₁₄ S ₅ B ₁ et urée (46% N)	2011	<i>Ouèrè 1 :</i> ✓ peu aéré, ne disposant pas de palettes	✓ les sacs d'engrais entreposés à même le sol; ✓ absence de stocks résiduels de deux ans.
			<i>Ouèrè 2</i> ✓ peu aéré ne disposant pas de palettes	✓ sacs d'engrais entreposés à même le sol, ✓ entrepôts d'engrais sont trop hauts pouvant augmenter les risques d'altération des sacs du bas; ✓ absence de stocks résiduels de deux ans.
Banikoara	N ₁₄ P ₂₃ K ₁₄ S ₅ B ₁		<i>CeCPA de Banikoara;</i> ✓ grand magasin à trois compartiments en bon état sans hélice de ventilation mais bien ventilé et bien aéré; ✓ entrepôts ayant une hauteur ne dépassant pas 15 sacs et séparés par des allées assez larges répondant aux normes requises.	✓ sacs d'engrais disposés sur des palettes; magasin disposant de 824 tonnes d'engrais dont seulement 13 sacs d'engrais coton N ₁₄ P ₂₃ K ₁₄ S ₅ B ₁

Tableau 2. Doses d'engrais minéraux et d'unités fertilisantes dans les essais soustractifs pour la culture du maïs

Communes	Types d'engrais	Années	Magasins	Constats
Okpara	NPK (24-6-12)	2000	CRA-CF, bien aéré	<ul style="list-style-type: none"> ✓ sacs d'engrais dont certains entreposés sur des palettes et d'autres déposés en vrac; ✓ prise en masse de l'urée
	N ₁₄ P ₂₃ K ₁₄ S ₅ B ₁ ; KCl (60% K ₂ O) ; Urée (46% N)	2010, 2011, 2012-2013	peu aéré, température élevée	<ul style="list-style-type: none"> ✓ sacs d'engrais entreposés à même le sol ; ✓ absence de stocks résiduels de deux ans; ✓ prise en masse de l'engrais urée bien que la couleur soit restée blanche. ✓ Produits phytosanitaires stockés dans le même magasin que les engrais dégageant une odeur suffocante si forte que personne ne peut rentrer dans ce magasin sans l'avoir laissé ouverte pendant au moins 15 minutes.
Tchaourou	N ₁₄ P ₂₃ K ₁₄ S ₅ B ₁	2011	bien aéré avec présence de palettes	<ul style="list-style-type: none"> ✓ sacs d'engrais entreposés sur des palettes, ✓ prise en masse de l'urée bien que la couleur soit restée blanche; absence de stocks résiduels de deux ans.
	N ₁₄ P ₂₃ K ₁₄ S ₅ B ₁ , KCl , N ₁₀ P ₂₀ K ₂₀	2010, 2011, 2012-2013	bien aéré, avec une absence de palettes	<ul style="list-style-type: none"> ✓ les sacs d'engrais entreposés à même le sol; ✓ prise en masse de l'urée bien que la couleur soit restée blanche; ✓ absence de stocks résiduels de deux ans.
N'Dali	N ₁₄ P ₂₃ K ₁₄ S ₅ B ₁ urée (46% N)	2011	CeCPA de N'Dali; bien aéré, sol couvert de palettes sur lesquels sont entreposés les sacs d'engrais, toit muni d'hélices de ventilation	<ul style="list-style-type: none"> ✓ les sacs d'engrais entreposés sur les palettes
Nikki	N ₁₀ P ₂₀ K ₂₀ et Urée (46% N)	2011	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Le toit ne disposant pas d'hélices de ventilation ni de palettes ; ✓ Hauteur de l'entrepôt trop élevée atteignant 15 à 20 m ; ✓ Aération et luminosité également trop faibles. 	Magasin ne contenant que de stock d'urée.
	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆		<ul style="list-style-type: none"> ✓ toit disposant de 3 hélices de ventilation, ✓ toit coulant et sol totalement mouillé; ✓ existence de palettes, ✓ engrais pouvant subir des altérations ; ✓ Hauteur de l'entrepôt trop élevée atteignant 15 à 20 m ; ✓ aération et la luminosité faibles. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Produits phytosanitaires sont entreposés dans le même magasin.
Bembèrèkè	N ₁₄ P ₂₃ K ₁₄ S ₅ B ₁ N ₁₀ P ₂₀ K ₂₀	2011-2012	<ul style="list-style-type: none"> ✓ CeCPA de Bembèrèkè ; ✓ peu aéré et ne disposant pas de palettes; ✓ cimentage du sol et dégradé par endroit et mal entretenu 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ les sacs d'engrais sont déposés à même le sol ; sol est couvert de grains d'engrais. L'état général des engrais est présenté sous forme de poudre et de grains.

Communes	Types d'engrais	Années	Magasins	Constats
Sinendé	N ₁₀ P ₂₀ K ₂₀ et Urée (46% N)	2011	<i>CeCPA de Sinendé</i> ✓ magasin ne disposant pas d'hélices de ventilation, mais bien aéré, bien éclairé ; ✓ toit coulant	✓ rangements des sacs bien faits; ✓ les sacs d'urée livrés 24 heures plus tôt sont tous mouillés et l'urée partiellement fondue constitue une nappe liquide brunâtre jonchée de grains encore sains.
	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	2011	<i>Village de Yarra/Bérubouai</i> : magasin peu aéré et mal éclairé et ne disposant pas d'engrais	

Tableau 3. Etats des magasins et constats dans le département de l'Atacora

Communes	Types d'engrais	Années	Magasins	Constats
Cobly, Matéri et Tanguiéta	N ₁₄ P ₂₃ K ₁₄ S ₅ B ₁ et urée (46% N) N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	2011	<i>N'Dahonta</i> : ✓ peu aéré; ✓ pas de palettes, ✓ entrepôts peu espacés ayant une hauteur de 3 à 4 mètres; ✓ entrepôts peu espacés,	✓ les sacs d'engrais disposés à même le sol; prise en masse très marquée ✓ grande chaleur provoquant une forte température.
	N ₁₄ P ₂₃ K ₁₄ S ₅ B ₁ et urée (46% N) N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	2011	✓ peu aéré; ✓ absence de palettes	✓ sacs d'engrais entreposés à même le sol; ✓ absence de stocks résiduels de deux ans.
Cobly	urée (46% N)	2011	peu aéré, absence de palettes	✓ sacs d'engrais entreposés à même le sol; ✓ absence de stocks résiduels de deux ans.

Tableau 4. Etats des magasins et constats dans le département des Collines

Communes	Types d'engrais	Années	Magasins	Constats
Savè	N ₁₄ P ₂₃ K ₁₄ S ₅ B ₁ Urée (46% N); KCl (60% K ₂ O)	2003, 2009, 2011	<i>ONASA</i> ✓ peu aéré, ✓ température élevée	✓ sacs d'engrais entreposés à même le sol avec à peine le quart des sacs sur des palettes, ✓ absence de stocks résiduels de deux ans. ✓ insecticide niébé (Pacha) et l'herbicide Garil stockés dans le même magasin que les engrais
	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆ Triple Super phosphate (TSP).		<i>CeCPA de Savè</i> ✓ peu aéré, sans lumière avec une absence totale de palettes; ✓ toit troué par endroits et laissant couler l'eau de pluie;	✓ les sacs d'engrais déposés à même le sol; ✓ boîtes d'herbicide disposées d'un même côté dans le magasin ; ✓ prise en masse de l'engrais N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆ avec une couleur brun rose
Pagnouigan	N ₁₄ P ₂₃ K ₁₄ S ₅ B ₁ KCl (60% K ₂ O) et urée		<i>village de Togon</i> ✓ bien aéré, ✓ absence de palettes et de stocks résiduels de deux ans.	✓ sacs d'engrais entreposés à même le sol

Communes	Types d'engrais	Années	Magasins	Constats
		2011	<i>Arrondissement de Kpanwignan</i> ✓ bien aéré mais absence de palettes	✓ Village de Togon; les sacs d'engrais entreposés à même le sol; une prise en masse est remarquée au niveau de l'engrais urée bien que la couleur soit restée blanche; absence de stocks résiduels de deux ans.
Glazoué	$N_{14}P_{23}K_{14}S_5B_1$	2011	<i>CeCPA de Glazoué</i> ✓ bien aéré et comportant très peu de palettes; ✓ toit est vieux et coule.	✓ sacs d'engrais sont entreposés à même le sol. ✓ sacs de produits phytosanitaires Tihan et de l'herbicide Garil entreposés dans le même magasin

CeCPA= Centre Communale de Promotion Agricole

MÉTHODOLOGIE

Observations

Les visites de terrain cycliques et répétées dans des magasins se trouvant dans les différentes zones agro-écologiques (Figure 1) ont permis de faire des constats relatifs : i) à l'architecture de construction du magasin comme la toiture, les hélices de ventilation, les portes d'entrée, les trous d'aération, les fenêtres, etc. ; ii) aux conditions de milieu ambiant telles que l'aération, la luminosité et l'appréciation de la chaleur à l'intérieur du magasin ; iii) aux infrastructures telles que les mobiliers, l'existence ou non des palettes d'entreposage des sacs d'engrais minéraux, etc. ; iv) au contenu, état des emballages et consistance des engrais minéraux ; v) le mode d'entreposage des sacs d'engrais minéraux ; vi) la hauteur d'empilement des sacs d'engrais minéraux ; vii) la présence ou non d'insectes, de reptiles et de mammifères rongeurs à l'intérieur du magasin ; viii) l'état du plancher et de la toiture ; ix) l'odeur à l'intérieur du magasin etc.

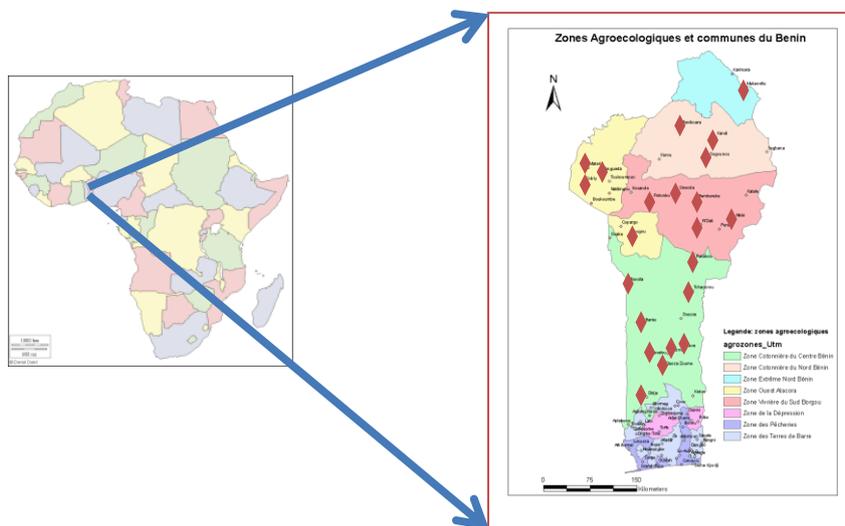


Figure 1. Sites de prélèvement des échantillons d'engrais et zones agro-écologiques du Bénin

Prélèvement des engrais

Deux sondes ont été utilisées pour les prélèvements : une pour le prélèvement dans les sacs d'engrais déjà ouverts et une autre pour les échantillons d'engrais minéraux prélevés dans les sacs choisis au hasard. Deux (2 kg) par type d'engrais ont été prélevés et mis dans des sachets plastiques doubles et expédiés au laboratoire pour les analyses. La technique du double ensachage de l'engrais prélevé a consisté à utiliser deux sachets en plastique. Le premier contenant l'échantillon d'engrais minéral a été fermé hermétiquement et a été mis dans un second sachet qui contenait l'étiquette en papier mis dans un petit sachet en plastique. L'échantillon était ainsi préservé de toute détérioration et l'étiquette d'une mouille éventuelle.

Analyses de laboratoire

Les différents types d'engrais prélevés et expédiés au laboratoire étaient :

- les engrais simples : l'urée (46 % N) et du chlorure de potassium (KCl : 60 % K₂O) ;
- les engrais ternaires : le NPK (10N-20P₂O₅-20K₂O), le NPK (16N-16P₂O₅-16K₂O) et le NPK de la firme "Yara" (24N-6P₂O₅-12K₂O) ;
- le complexe NPKSB (14N-23P₂O₅-14K₂O-5S-1B₂O₃).

Les différentes analyses effectuées suivant les méthodes AOAC (1995) ont concerné le dosage de l'azote (N), du phosphore (P₂O₅) et du potassium (K₂O). Les teneurs en ces unités fertilisantes ont été comparées à celles marquées sur les sacs et les fiches fournies par les firmes de fabrication des divers engrais minéraux. Les écarts constatés au niveau des teneurs en ces unités fertilisantes ont permis d'apprécier les conditions de stockage et leur influence sur la qualité des engrais minéraux stockés. Les taux d'humidité des échantillons ont été pris en compte dans le calcul des teneurs en nutriments après les dosages. Le seuil de tolérance de 5% des résultats retenu et utilisé par la plupart des laboratoires d'analyse des engrais minéraux, est le seuil tolérable de la norme ISO 17025 (De Poorter, 2014).

Formulation des engrais stockés

Les pertes en unités fertilisantes N, P et K dans les engrais urée, NPK et NPKSB stockés ont été calculées à partir des résultats d'analyses de laboratoire. Par conséquent, si l'engrais NPK (a-b-c) a subi des pertes en unités fertilisantes N, P et K, alors il a été noté ou écrit comme suit : NPK (a'-b'-c'). Si le taux de pertes en unités fertilisantes N est n% d'azote, celui en unités fertilisantes P est p% de phosphore et celui en unités fertilisantes K est k% de potassium, alors la nouvelle formule de l'engrais NPK devient :

$$\text{NPK} [(a - na)-(b - pb)-(c - ck)] = \text{NPK} [a(1 - n)-b(1 - p)-c(1 - k)](1)$$

En appliquant par exemple cette formule à l'engrais NPK 'Yara' (24-6-12) qui a eu un taux de pertes en unités fertilisantes de n% d'azote (N), de p% de phosphore (P) et de k% de potassium (K), alors sa nouvelle formule devient :

$$\text{NPK} [a(1 - n)-b(1 - p)-c(1 - k)] = \text{NPK} [24(1 - n)-6(1 - p)-12(1 - k)] \quad (2)$$

Calcul des pertes de production du coton et du maïs et des pertes de revenus dues aux pertes en unités fertilisantes des engrais stockés

Afin de faire une estimation des pertes financières en production du coton graine et du maïs correspondantes, les pertes en rendement du coton et du maïs ont été estimées à partir des valeurs moyennes relatives aux résultats obtenus au cours des campagnes agricoles 1969-1970 à 2007-2008, soit une période de 20 ans, sur les parcelles d'expérimentation et consignés dans les rapports de campagne du Centre de Recherches Agricoles Coton et Fibres (CRA-CF) de l'Institut National des Recherches Agricoles du

Bénin (INRAB) dans le cadre des essais soustractifs ayant utilisé les engrais NPKSB et l'urée sur les cultures du coton au Bénin (INRAB, 1969-2007).

L'azote (N) a été apporté à une culture sous les deux formes suivantes : urée et NPK. Pour l'azote, les pertes de production ou de rendement de culture dues à l'engrais NPK et les pertes dues à l'urée ont été prises en compte. La perte de production due à l'azote a été estimée en prenant la moyenne pondérée des pertes en unités fertilisantes d'azote enregistrées dans l'urée et l'engrais NPK. Les pertes de production dues au phosphore et au potassium ont été estimées à partir des pertes en unités fertilisantes dans l'engrais NPK.

Les formules mathématiques indispensables au calcul des pertes de production de coton graine ou de maïs ont été élaborées à partir des pertes en unités fertilisantes des engrais minéraux stockés la fumure complète vulgarisée de l'engrais NPKSB (FCV), la culture sans fumure minérale NPKSB (Témoin) et le nombre d'années d'essais soustractif (20 ans) ont été considérés. Les pertes de production (Q_n , Q_p ou Q_k) d'un (01) kg de pertes d'unités fertilisantes d'azote (N) de phosphore (P) ou de potassium (K) ont été calculées ou estimées à l'aide des formules mathématiques suivantes :

$$Q_n = \text{Perte de production de 1 kg de N} = \sum_{n=1}^{20} \frac{[\text{Prod}(\text{FCV}-\text{K})-\text{Témoin}]+\text{Prod}[(\text{FCV}-\text{P})-\text{Témoin}]}{2n \times \text{Unités fertilisantes de N dans NPK appliqué}} \quad (3)$$

$$Q_p = \text{Perte de production de 1 kg de P} = \sum_{n=1}^{20} \frac{[\text{Prod}(\text{FCV}-\text{K})-\text{Témoin}]+\text{Prod}[(\text{FCV}-\text{N})-\text{Témoin}]}{2n \times \text{Unités fertilisantes de P dans NPK appliqué}} \quad (4)$$

$$Q_k = \text{Perte de production de 1 kg de K} = \sum_{n=1}^{20} \frac{[\text{Prod}(\text{FCV}-\text{N})-\text{Témoin}]+\text{Prod}[(\text{FCV}-\text{P})-\text{Témoin}]}{2n \times \text{Unités fertilisantes de K dans NPK appliqué}} \quad (5)$$

La perte de production a été déterminée en multipliant la perte due à 1kg d'unités fertilisantes par la quantité d'unités fertilisantes perdue tandis que la perte monétaire a été estimée en prenant le prix de cession en 2013 d'un (1) kg de coton qui est de 259 FCFA et de celui du maïs qui est de 164 FCFA.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les analyses des échantillons d'engrais prélevés des sacs stockés de divers magasins installés dans les zones cotonnières du Bénin, ont fait ressortir des pertes en unités fertilisantes et ont présenté des écarts hors-normes par rapport aux teneurs normales affectant significativement la production et par ricochet le revenu des producteurs.

Etat des magasins et des conditions de stockage des sacs d'engrais minéraux

Des constats faits lors des quatre campagnes cotonnières successives de 2011 à 2014 sur un total de 84 magasins visités, 14 % contenaient en plus des sacs d'engrais, des cartons d'insecticides et d'herbicides dégageant une odeur suffocante. Dans 61 % des magasins, les engrais ont été disposés à même le sol et 46 % ne disposaient pas de palettes pour l'entreposage des sacs d'engrais. Seulement 21 % des magasins avaient des palettes pour l'entreposage des sacs d'engrais. Du point de vue de l'aération, 43 % des magasins étaient bien aérés et la moitié peu aérée. Cependant, 7 % des magasins n'étaient pas aérés et leur toiture laissait couler de l'eau pendant la saison pluvieuse. La prise en masse des engrais a été constatée dans 21,4 % des magasins où étaient stockés leurs sacs et concernaient notamment l'urée, qui parfois devenait liquide. Ces conditions de stockage dans 96 % des cas, ne sont pas conformes aux normes de UNIFA (2014) : i) stocker les engrais dans un bâtiment propre et aéré et sur un sol préalablement nettoyé,

sec et sans fissure ; ii) séparer les différents engrais entre eux pour éviter tout risque de mélange ; iii) tenir à jour un inventaire des stocks ; iv) pratiquer la gestion des stocks selon le principe 1^{er} produit entré, 1^{er} sorti ; v) veiller à effectuer la vidange de chaque case une fois par an afin de la nettoyer ; vi) stocker à l'écart de tout produit potentiellement inflammable, des emballages vides, des produits agricoles et combustibles (foin, paille, sciure, pneus etc.) ; vii) séparer le stockage d'engrais des autres produits qui peuvent aussi être source d'une contamination en cas de sinistre (fioul, produits phytosanitaires, détergents). Les mauvaises conditions de stockage et de gestion des magasins sont les causes de la perte enregistrée en unités fertilisantes. Elles influent sur les qualités des engrais stockés et conduisent inéluctablement à la baisse des rendements du coton (Djenontin *et al.*, 2014b et c).

Qualité des engrais minéraux en stock et pertes en unités fertilisantes

L'importance des pertes en unités fertilisantes varie suivant la durée de stockage et le type d'engrais (Figure 2 et Figure 3).

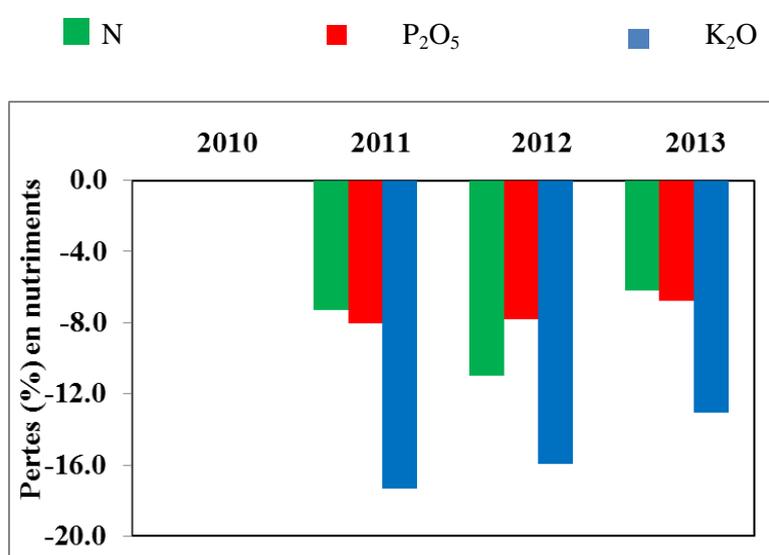


Figure 2. Pertes en N, P₂O₅ et K₂O dans les engrais N₁₄P₂₃K₁₄S₅B₁, utilisés pour la fertilisation de la culture cotonnière

Plus la durée de stockage des engrais minéraux est longue plus les pertes en unités fertilisantes sont élevées. Les plus fortes pertes en unités fertilisantes étaient de 18 % N à Gogounou, de 22 % P₂O₅ à Savalou et de 30 % de K₂O à Djidja. Le test de conformité, réalisé sur les teneurs des éléments nutritifs du complexe N₁₄P₂₃K₁₄S₅B₁ a montré des écarts hautement significatifs pour le N ($p = 0,001$) ; le P₂O₅ ($p = 0,000$) et le K₂O ($p = 0,000$) traduisant que les formules actuelles des engrais ont significativement changé. Les pertes en unités les plus faibles étaient de 1,4 % en N à N'Dali; 2,2 % en P₂O₅ à Banikoara et 11,1 % en K₂O à Bembéréké. En effet, ces zones sont des localités de forte production cotonnière où les engrais sont fortement utilisés et le stock existant est souvent faible. Les engrais utilisés pour les vivriers ne sont pas aussi épargnés. L'analyse de l'engrais ternaire N₁₀P₂₀K₂₀ a révélé que les pertes les plus faibles étaient de 0,3 % N à Bembéréké, de 4,5 % P₂O₅ et de 0,2 % à Savè alors que celles les plus élevées variaient de 32 à 52,5 % à Matéri et 86,2 % à Sinendé.

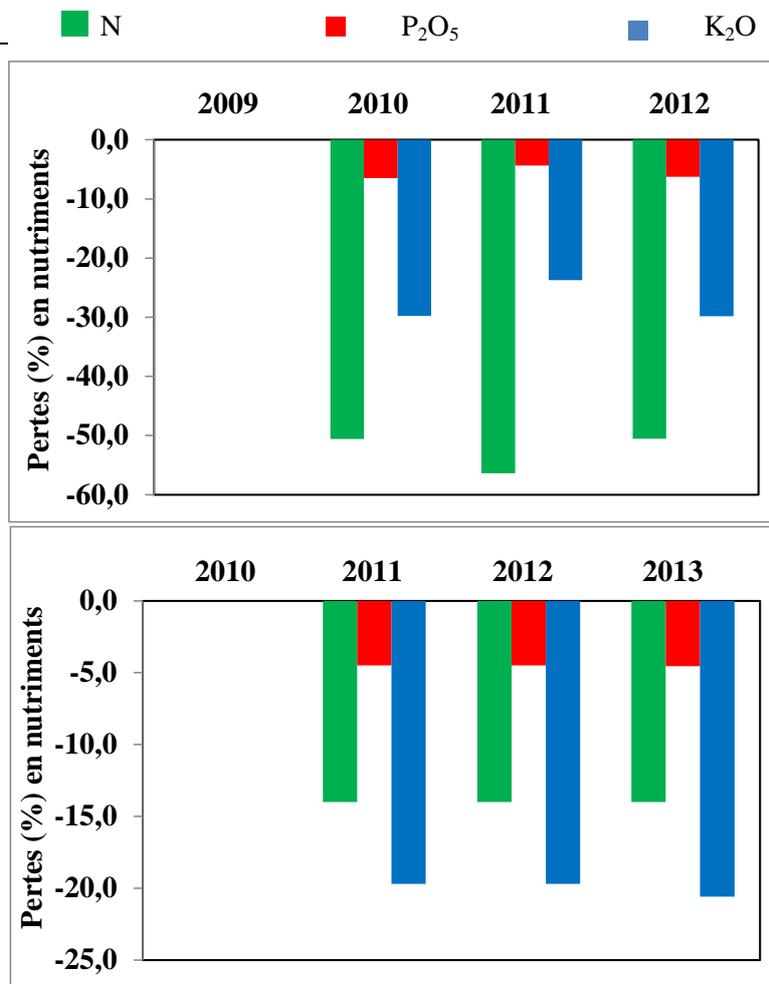


Figure 3. Pertes en N, P₂O₅ et K₂O dans les engrais N₁₆P₁₆K₁₆ et N₁₀P₂₀K₂₀ utilisés pour la fertilisation de la culture du maïs

De plus, les analyses de laboratoire ont révélé que l'engrais N₁₆P₁₆K₁₆, destiné à la fertilisation du maïs et stocké dans des conditions peu recommandées a perdu 30% de ses éléments fertilisants dans le stock des magasins se trouvant dans les Communes de Matéri, de Djidja, et 65 % dans le stock du magasin se trouvant à Kpassa/Okpara dans la Commune de Parakou. Pour l'engrais N₁₀P₂₀K₂₀, seul le K₂O a montré une teneur statistiquement significative ($p = 0,041$). Par ailleurs, l'engrais nitrophosphate NPK de la firme YARA, stocké dans le magasin du CRA-CF depuis 13 ans a connu une perte de $73,08 \pm 0,72$ % de l'unité fertilisante azote, de $22,08 \pm 7,07$ % de l'unité fertilisante P₂O₅ et $18,81 \pm 4,96$ % de l'unité fertilisante K₂O. Les pertes du pouvoir fertilisant de l'azote dans l'urée ont été relativement faibles et comprises entre 1,9 et 5 % de N sauf dans le Secteur agricole de Sinendé où elle était plus forte et est de 86 % parce que l'urée s'était liquéfiée. Les comparaisons faites entre la Côte d'Ivoire, le Ghana et le Togo pour l'engrais de mélange 15:15:15 et entre le Ghana, le Nigéria et le Togo pour l'engrais complexe 15:15:15 ont montré une grande variabilité entre les pays (IFDC, 2013). Globalement, la non-conformité de la teneur en éléments nutritifs de l'engrais de mélange 15:15:15 était plus élevée en Côte d'Ivoire (87 %), suivie par celle du Ghana (42 %) et du Togo (6 %). Pour le complexe 15:15:15, la non-conformité de la teneur globale en éléments nutritifs était plus élevée au Nigéria (16 %), suivi par le Ghana (10 %) et par le Togo (3 %). La faible proportion de non-conformité observée au Togo peut être attribuée au fait que le Togo présente une faible variabilité dans les sources d'importation et a une chaîne de distribution relativement plus simple en raison du contrôle par l'Etat de

l'importation et de la distribution (IFDC, 2013). Dans le cas de cette étude, les engrais minéraux prélevés dans des sacs stockés dans divers magasins installés dans les zones cotonnières du Bénin ont montré l'existence des pertes en unités fertilisantes avec des écarts hors normes. Les éléments majeurs à mettre en cause dans la détérioration de la qualité de l'engrais sont la durée de stockage de l'engrais dans le magasin, l'état du magasin et les conditions de stockage. L'importance des pertes en unités fertilisantes varie suivant la durée de stockage et le type d'engrais. Plus la durée de stockage des engrais minéraux est longue plus les pertes en unités fertilisantes sont élevées. Une dégradation chimique des engrais minéraux a été survenue au cours du stockage au Bénin et se traduisait par des pertes en unités fertilisantes de l'ordre de 16 à 65,4 % du pouvoir fertilisant en N dans les engrais NPKSB et urée, de 7 à 30 % du pouvoir fertilisant en K₂O et de 5 à 18,2 % du pouvoir fertilisant en P₂O₅ dans l'engrais NPKSB (Djenontin *et al.*, 2014b).

En effet, ces engrais sont des complexes ou des engrais de mélange qui sont fabriqués avec des matières premières telles que le sulfate d'ammoniac (AM), le diammonium phosphate (DAP) du chlorure de potassium (KCl) et de la Boracine. Ces engrais renferment donc des composés ammoniacaux susceptibles de se transformer en nitrates assimilables sous l'influence des microorganismes ammoniacaux. De nos jours, les emballages de ces engrais ne respectent plus les normes (Djenontin *et al.*, 2014a), donc très peu étanches si bien que l'échange d'air entre le milieu ambiant et le contenant des sacs peut provoquer des réactions chimiques induisant une altération de ces engrais. En effet, le phosphore a une très grande affinité pour l'oxygène qu'il absorbe lentement, à la température ordinaire et plus rapidement en présence de chaleur. Dans l'air humide, il se transforme en acide phosphatique qui n'est qu'un mélange, d'acide phosphoreux, d'acide phosphorique. Ces composés étant solides et très solubles dans l'eau peuvent se séparer facilement de l'azote. De plus, l'ammoniac contenu dans ces engrais peut réagir avec le chlore, élément qui a une très grande affinité pour l'hydrogène et former de l'acide chlorhydrique HCl, l'azote devient libre et se dégage à l'état gazeux selon la réaction suivante : (1) $2\text{NH}_3 + 3\text{Cl}_2 = 6\text{HCl} + \text{N}_2$. L'acide chlorhydrique peut aussi se combiner avec l'ammoniac et former du chlorhydrate d'ammoniac HCl, NH₃ selon la réaction : (2) $3\text{HCl} + 3\text{NH}_3 = 3(\text{HCl}, \text{NH}_3)$. En supposant, pour plus de clarté, deux phases dans le phénomène, mais en réalité les réactions ont lieu simultanément, l'équation définitive exprimant la réaction réelle est : $2\text{NH}_3 + 3\text{Cl}_2 = 6\text{HCl} + \text{N}_2$ et $3\text{HCl} + 3\text{NH}_3 = 3(\text{HCl}, \text{NH}_3)$. La réaction définitive est la suivante : $2\text{NH}_3 + 3\text{Cl}_2 = 6(\text{HCl}, \text{NH}_3) + \text{N}_2$. L'ammoniac gazeux est volatile sous l'effet de la forte chaleur notamment dans la région septentrionale du pays. Cela se manifeste par le dégagement des odeurs qui se produisent et qui repoussent dès l'ouverture des magasins. L'unité fertilisante azote est alors la plus sensible à l'altération lorsque la durée de stockage devient importante. Le taux de perte tolérable recommandée par la norme ISO 17025 est inférieur à 5 % (De Poorter, 2014). Cette dégradation de la qualité des engrais contribue à la baisse des rendements des cultures fertilisées par des engrais stockés pendant une longue période car les doses recommandées sont faussées. La baisse de la production est aussi due à l'épuisement des sols qui est beaucoup plus manifeste au sud du pays où la pression sur les terres est plus forte du fait de la charge agro-démographique plus grande dans cette région que dans le nord. En effet, Stoorvogel *et al.* (1990) ont rapporté pour le Bénin, un bilan négatif partiel de 10 kg N/ha, 3.9 kg P/ha et 5 kg/K ha pour 1983 et ont prédit 11 kg N/ha, 4.8 kg P/ha et 5.8 kg K/ha pour 2000 en système de culture paysanne. Une étude menée dans la région sud du Bénin précisément sur les plateaux pour quantifier l'épuisement des sols a révélé des bilans partiels négatifs de 22,4 N ; 3,5 P et 8,6 K pour le maïs (Van der Pool *et al.*, 1993). Dans le bassin-versant de l'Ouémé supérieur (partie septentrionale du pays), une estimation du bilan partiel pour la culture du maïs une période de 12 ans après de culture (1987-1999) a conduit à un déficit annuel de 17 kg N/

ha, 3 kg P/ha et 7 kg K/ha comparée à 23 kg N/ha, 14 kg P/ha et 21 kg K/ha en 2000 (Dagbenonbakin *et al.*, 2002). Ce bilan négatif est plus sévère en 2002 dans une rotation igname-coton-maïs-arachide-sorgho avec notamment un déficit annuel à compenser de 37 kg ha/N, et 35 kg K/ha. Il est de 8 kg/ha pour le P (Dagbenonbakin, 2005).

L'écart entre les unités fertilisantes mesurées et celles inscrites sur les sacs de l'engrais complexe $N_{14}P_{23}K_{14}S_5B_1$ dépasse 1,1 unité pour les éléments nutritifs pris individuellement dans les communes de Banikoara, Kandi, Malanville, Bembèrèkè, N'Dali, Nikki, Parakou, Sinendé, Tchaourou, Dassa-Zoumè pour l'azote. Cet écart pour tous les éléments nutritifs pris ensemble, dépasse aussi 2,5 % dans les communes d'étude montrant ainsi que ces localités présentent des écarts qui ne sont pas tolérés selon IFDC (2013) sauf à N'Dali où il est compris entre 0,2 et 1,12. Pour le $N_{10}P_{20}K_{20}$, cet écart dépasse 1,1 pour les unités fertilisantes pris individuellement dans les communes de Guéné, Bembèrèkè, Glazoué, Tchaourou et Savè notamment pour le phosphore. De plus, pour tous les éléments nutritifs, l'écart dépasse aussi 2,5 % dans les communes de l'étude montrant ainsi des écarts qui ne sont pas tolérés (IFDC, 2013). Les communes de Gogounou, Kandi, Malanville, N'Dali, Parakou, Savè et Djidja présentent des écarts de teneur en azote comprise entre 0,0 et 0,5 unités qui se situent dans les normes tolérés (IFDC, 2013). Cependant, des écarts élevés et non tolérés compris entre 0,9 et 21,3 ont été obtenus dans les autres communes.

Les pertes en unités fertilisantes ne sont pas seulement imputables aux conditions de stockage. En effet, une étude sur la qualité des engrais commercialisés en Afrique de l'Ouest a révélé que la principale cause de déficiences en éléments nutritifs contenus dans les engrais est la répartition inégale des éléments nutritifs à l'intérieur des sacs d'engrais du fait de la ségrégation des granules. Les déficiences en éléments nutritifs sont également attribuées à la ségrégation des composants utilisés dans la moitié des échantillons de l'engrais de mélange 15:15:15, dans les deux tiers des échantillons de Cocoa Feed et dans le tiers des échantillons de l'engrais de mélange 6:20:10. Ces résultats suggèrent que le pourcentage élevé des cas de déficiences en éléments nutritifs peut être évité en utilisant, pour leur fabrication, des matières premières dont les granules sont de taille uniforme ainsi qu'un équipement et des procédures de mélange appropriés (IFDC, 2013).

Influences des pertes en unités fertilisantes des engrais minéraux sur la production de coton graine et du maïs grain

L'apport d'un engrais minéral de bonne qualité à une culture vise à accroître sa production à travers les unités fertilisantes dans la mesure où chacune de ses unités joue un rôle particulier au niveau de la croissance et du développement de cette culture. Les pertes de l'unité fertilisante azote (N) dans l'urée et dans les engrais vivriers NPK et le complexe $N_{14}P_{23}K_{14}S_5B_1$ stockés dans divers magasins ont varié entre 0,36 et 15,87 kg/ha, contre des pertes variant entre 0,11 et 10,7 kg/ha des unités fertilisantes phosphore (P_2O_5) et des pertes variant entre 0,89 et 8,53 kg/ha des unités fertilisantes potassium (K_2O). La déduction de la perte de production de coton graine due à la perte d'un kilogramme (1 kg) d'unité fertilisante a été estimée à 10,62 kg/ha pour l'unité fertilisante azote (N), 13,25 kg/ha pour l'unité fertilisante phosphore (P_2O_5) et de 9,69 kg/ha pour l'unité fertilisante potassium (K_2O) (Figures 2 et Figures 3). Par conséquent, les pertes des unités fertilisantes comme l'azote (N) dans l'urée et dans les engrais composés NPK et NPKSB, puis les pertes des unités fertilisantes tels que le phosphore (P_2O_5) et le potassium (K_2O) dans les engrais composés NPK et NPKSB, stockés dans divers magasins, ont entraîné des pertes de production du coton graine variant de 3,79 à 279,59 kg/ha. Les essais de Alafiarou au Nord-Bénin ont montré que la fumure minérale NPKSB diminuée de 30 kg de potassium (K_2O) a entraîné une réduction de rendement

en coton graine de 294 kg/ha (CRA-CF, 2008). Par contre, la soustraction de 40 à 45 kg de P_2O_5 de cette fumure minérale a entraîné une réduction de rendement en coton graine de 370 kg/ha, tandis que la soustraction de 50 kg/ha d'azote entraînait une réduction de rendement en coton graine de 476 kg/ha.

La perte de production en maïs grain due à la perte de 1 kg d'unité fertilisante a été estimée à 5,4 kg/ha pour l'unité fertilisante azote (N), à 6,8 kg/ha pour l'unité fertilisante phosphore (P_2O_5) et à 6,5 kg/ha pour l'unité fertilisante potassium (K_2O) (Figure 4, Figure 5 et Figure 6). Par conséquent, les pertes des unités fertilisantes azote (N) dans l'urée et dans les engrais composés NPK et NPKSB, puis les pertes des unités fertilisantes phosphore (P_2O_5) et potassium (K_2O) dans les engrais composés NPK et NPKSB stockés dans divers magasins, ont entraîné des pertes de production du maïs grain variant de 1,9 à 177,1 kg/ha. Ainsi, les pertes en unités fertilisantes entraînent des pertes de production du maïs grain. Une perte de la production des légumineuses par exemple est attribuée à une mauvaise qualité des engrais appliqués si les tests d'analyses contradictoires ne sont pas réalisés avant la distribution des engrais aux producteurs. En effet, un rapport de l'IFDC (2013) a révélé des preuves de contrefaçon sur 31 des 134 échantillons d'engrais dont 23 % prélevés en Côte d'Ivoire, mais seulement sur 14 des 414 échantillons dont 3,4 % prélevés au Nigeria. Cependant, les seuls cas de contrefaçon avérés concernent les 7 échantillons de SSP du Nigeria dans lesquels il n'y avait aucune trace de P_2O_5 ni aucun minéral du phosphate naturel susceptible de contenir du phosphore.

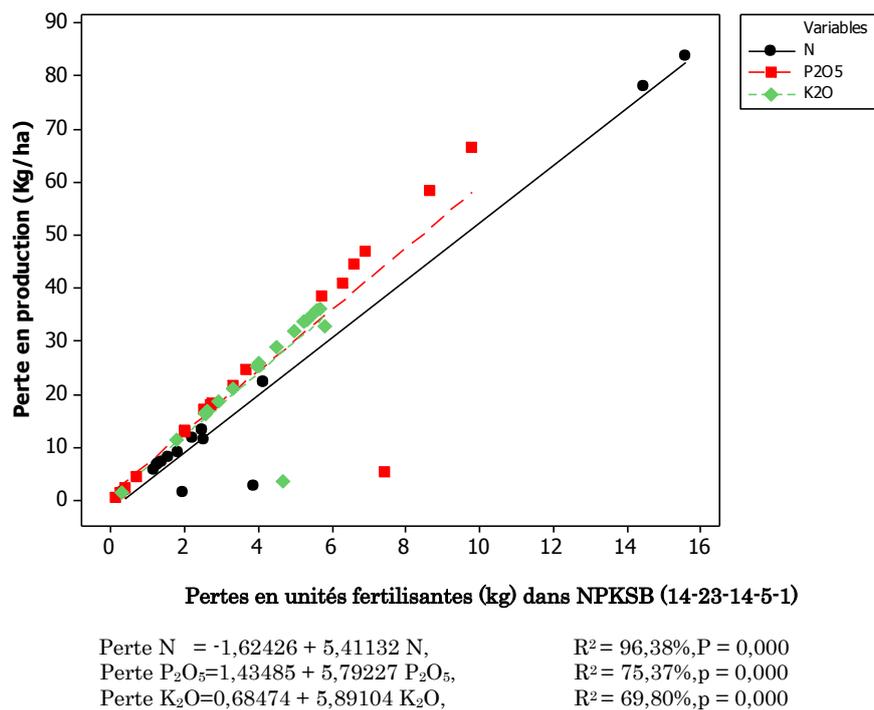
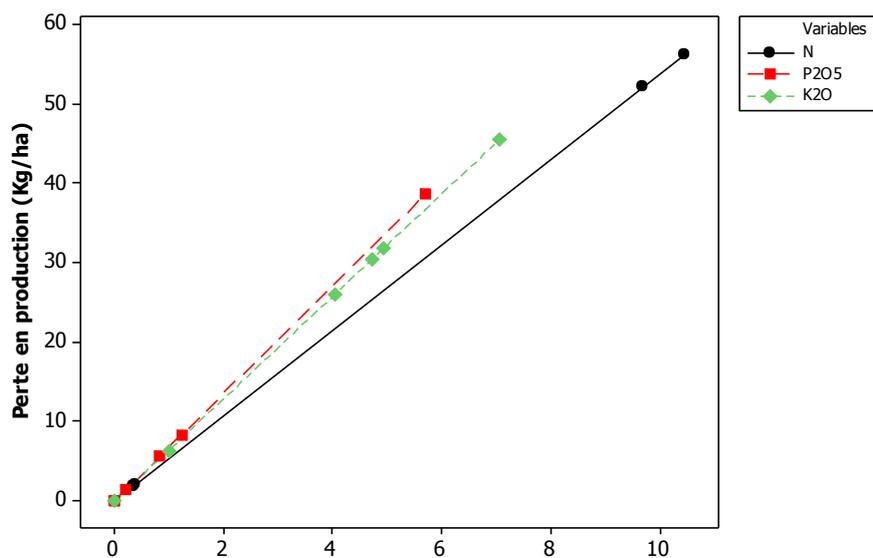


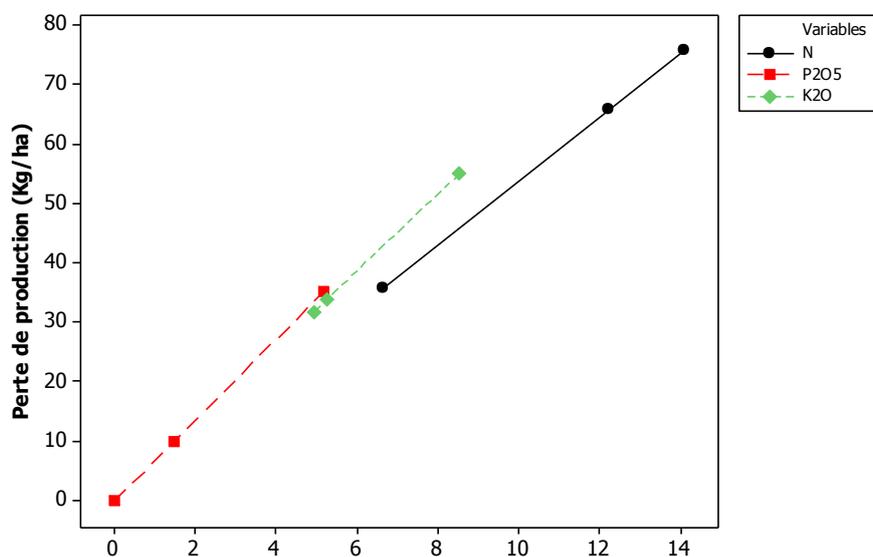
Figure 4. Pertes simulées de production en coton graine due aux pertes en unités fertilisantes dans le complexe NPKSB (14-23-14-5-1)



Pertes en unités fertilisantes (kg) dans NPK (10-20-20)

Perte N	= $-2,90078e-015 + 5,39307 N,$	$R^2 = 100\%, p = 0,000$
Perte P ₂ O ₅	= $-1,45039e-015 + 6,80471 P_2O_5,$	$R^2 = 100\%, p = 0,000$
Perte K ₂ O	= $-2,90078e-015 + 6,46845 K_2O,$	$R^2 = 100\%, p = 0,000$

Figure 5. Pertes simulées de production en maïs grain due aux pertes en unités fertilisantes dans l'engrais NPK (10-20-20)



Pertes en unités fertilisantes (kg) dans NPK (16-16-16)

Perte N	= $-8,20464e-015 + 5,39307 N,$	$R^2 = 100\%, p = 0,000$
Perte P ₂ O ₅	= $4,10232e-015 + 6,80471 P_2O_5,$	$R^2 = 100\%, p = 0,000$
Perte K ₂ O	= $6,46845 K_2O,$	$R^2 = 100\%, p = 0,000$

Figure 6. Pertes simulées de production en maïs grain due aux pertes en unités fertilisantes dans l'engrais NPK (16-16-16)

CONCLUSION

Les conditions de stockage des engrais dans les localités de l'étude ne respectent pas les normes standards de stockage et la conséquence est la perte en unités fertilisantes des engrais utilisés. Les services de vulgarisation n'en sont pas conscients pour d'éventuelles corrections pendant les épandages de ces fertilisants par les producteurs. Ainsi, les différents types d'engrais minéraux destinés tant à la cotonculture qu'à la maïsiculture, prélevés dans divers magasins de stockage installés sur les sites de distribution dans les zones cotonnières du Bénin, ont montré que leurs unités fertilisantes ont présenté des écarts hors-normes. L'importance des pertes en unités fertilisantes varie suivant la durée de stockage et le type d'engrais. En effet, plus la durée de stockage des engrais minéraux est longue plus sont élevées les pertes en unités fertilisantes. L'unité fertilisante azote est la plus sensible à l'altération lors de la durée de stockage. La baisse du rendement de coton graine et du maïs grain chez les producteurs ayant adopté les technologies conseillées par la recherche agricole est due à l'influence des conditions de stockage sur la qualité des engrais. Les caractéristiques chimiques des engrais en stock dans les magasins des différentes zones agroécologiques devront être déterminées périodiquement en vue non seulement d'apprécier leur qualité, mais aussi de proposer de nouvelles recommandations de fertilisation lorsque le besoin s'avérerait nécessaire. De plus des tests d'efficacité doivent être envisagés en vue d'affiner les recommandations de fumure.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ADANGUIDI J. 2012. Analyse de la compétitivité de la production cotonnière au Bénin. Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB), Numéro spécial Coton, Septembre 2012. BRAB en ligne (on line) sur le site web <http://www.slire.net>. ISSN sur papier (on hard copy) : 1025-2355 et ISSN en ligne (on line) : 1840-7099. pp. 1-12.
- ADEGBOLA Y. P., DJINADOU A. K. A., AHOYO ADJOVI N. R., ALLAGBE C. M., GOTOECHAN M. H., ADJANOHOUN A. & MENSAH G. A. 2013. Synthèse bibliographique des travaux de recherche effectués sur la filière maïs de 2000 à 2012 au Bénin. Document Technique et d'Information, CNS-Maïs, INRAB, PPAAO/WAAPP, ProCAD& MAEP/Bénin. Dépôt légal N° 6947 du 04 novembre 2013, 4ème trimestre 2013, ISBN : 978-99919-1-612-5, Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin. 117 p. En ligne (on line) sur <http://www.slire.net>
- AOAC (Association of Official Analytical Chemist). 1995. Official Methods, Patricia Cunniff (Ed.). Method 960.03B-a(1) adapted, method 958.02 adapted, method 993.31 adapted, method FT_MIN_P2O5/K2O_ICP, March 10, 2004 adapted, method 993.13 (rev. March 1997) modified. 16th edition, Volume 1. 1995 pp. ISBN: 0-935584-54-4. Record Number 19951414840.
- https://openlibrary.org/books/OL22480111M/Official_methods_of_analysis_of_AOAC_International Consulté le 25/06/2014 à 10 h.
- AZONTONDE H. A. & MENSAH G. A. 2011. Etude de la qualité des engrais sur les sites de stockage et de distribution au Bénin. Rapport technique d'exécution N°1. CRA-Agonkanmey/INRAB/MAEP et PAFICOT/Bénin, 25 p.
- AZONTONDE H. A. & MENSAH G. A. 2012. Etude de la qualité des engrais sur les sites de stockage et de distribution au Bénin. Rapport technique d'exécution N°2. CRA-Agonkanmey/INRAB/MAEP et PAFICOT/Bénin, 31 p.
- COUNTRYSTAT. 2011. Système statistique du Bénin. www.countrystat.org/country/BEN
- CRA-CF (Centre de Recherches Agricoles Coton et Fibres). 2008. Etude de déficiences minérales (essais soustractifs). Rapport d'agronomie campagne 2006-2007 à Alafiarou/Parakou, 67 p.
- DAGBENONBAKIN G. D. 2005. Productivity and water use efficiency of important crops in the Upper Oueme Catchment: influence of nutrient limitations, nutrient balances and soil fertility. Thèse pour l'Obtention de Doctorat es-Sciences Agronomiques. University of Bonn, Germany. ISBN 3-937941-05-3; 182 p
- DE POORTER G. 2014. Techniques d'analyse en laboratoire. Direction Générale des Laboratoires. Agence Fédérale pour la Sécurité de la Chaîne Alimentaire. 405 p. Site web: http://www.favv-afsa.fgov.be/labos/.../Syllabus_niveauB_FR_2014_AF_000, consulté le 18/07/2014 à 04 h 45.
- DJENONTIN A. J. P., AHOYO ADJOVI N. R., DAGBENONBAKIN G. D., KOGBETO E. C., DJOGBEDE J., MENSAH G. G. S., KATARY A., AZONTONDE H. A. & MENSAH G. A. 2014a. Techniques et normes d'entreposage des sacs d'engrais minéraux dans les magasins appropriés et installés sur des sites de distribution pour la cotonculture au Bénin. Document technique d'information N°3. Dépôt légal N° 7335 du 11/07/2014, 3ème trimestre 2014, Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin - ISBN : 978-99919-1-962-1.

- DJENONTIN A. J. P., AHOYO ADJOVI N. R., DAGBENONBAKIN G. D., KOGBETO E. C., DJOGBEDE J., MENSAH G. G. S., KATARY A., AZONTONDE H. A. & MENSAH G. A. 2014b. Influences des conditions de stockage sur la qualité des engrais minéraux utilisés en coton culture au Bénin. Document technique d'information N°2. Dépôt légal N°7334duxx/07/2014, 3ème trimestre 2014, Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin- ISBN : 978-99919-1-961-4.
- DJENONTIN A. J. P., AHOYO ADJOVI N. R., DAGBENONBAKIN G. D., KOGBETO E. C., DJOGBEDE J., MENSAH G. G. S., KATARY A., AZONTONDE H. A. & MENSAH G. A. 2014c. Conditions de stockage des engrais minéraux destinées à la coton culture dans les magasins de stockage des sites de distribution au Bénin. Document technique d'information N°1. Dépôt légal N°7333 du 11/07/2014, 3ème trimestre 2014, Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin - ISBN : 978-99919-1-960-7.
- DPP/MAEP (Direction de la Planification et de la Prospective/Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche). 2010. Campagnes agricoles 2008 et 2009, Cotonou, Bénin. 90 p.
- GROS A. 1979. Engrais. Guide pratique de la fertilisation. 7ième édition. La Maison Rustique. Paris France. pp 121-205.
- HOUNHOUGAN D. J., MASSENON A., NAGO C. M. & MESTRES C. 1999. Caractéristiques physico-chimiques et aptitudes agronomiques de quelques variétés de maïs produites au Bénin. Annales des Sciences Agronomiques 2 : 115-128.
- HONLONKOU A. 1999. Impact économique des techniques de fertilisation des sols : cas de la Jachère Mucuna au Sud du Bénin. Thèse de Doctorat du diplôme de 3ème cycle en Sciences Economiques. Université d'Abidjan Cocody Côte d'Ivoire. pp 4-42.
- IFDC (International Fertilizer Development Center). 2012. Rapport annuel.
- IFDC (International Fertilizer Development Center). 2013. Rapport annuel.
- KOGBETO C. E., AZONTONDE H. A. & MENSAH G. A. 2013. Etude de la qualité des engrais sur les sites de stockage et de distribution au Bénin. Rapport technique d'exécution N°3. CRA-Agonkanmey/INRAB/MAEP et PAFICOT/Bénin, 48 p.
- MABOUDOU ALIDOU G. 2014. Networking, Social Capital and Gender Roles in the Coton System in Benin. Thesis submitted in fulfillment of the requirement for the degree of doctorat Wageningen University. P187
- MATTHESS A., VAN DEN AKKER E., CHOUGOUROU D. & MIDINGOYI G. S. 2005. Compétitivité et durabilité de cinq systèmes culturaux cotonniers dans le cadre de la filière. ProCGRN/GTZ et MAEP
- SAÏDOU A., KUYPER T. W., KOSSOU D., TOSSOU R. & RICHARDS P. 2003. Learning from farmers' experiences for sustainable soil fertility management in Benin. Diagnostic study report. ProjetCoS/FSA/UAC Bénin. 41 p.
- SINZOGAN A. A.C., JIGGINS J., VODOUHE S., KOSSOU D., TOTIN E. & VAN HUIS A. 2007. An analysis of the organizational linkages in the cotton industry in Benin. International Journal of Agricultural Sustainability, Volume 5, Issue 2-3, pp. 213-231. Special Issue : *Special issue on Convergence of Sciences research, West Africa*. DOI : 10.1080/14735903.2007.9684823. Published online : 08 Jun 2011.
- STOORVOGEL J. J. & SMALING E. M. A. 1990. Assessment of soil nutrient depletion in Sub-Saharan Africa, 1983-2000. Report 28. The Win and Staring Centre for Integrated Land, Soil and Water Research (SC-DLO), Wageningen.
- TOGBÉ C. E., VODOUHÈ S. D., GBÈHOUNOU G., HAAGSMA R., ZANNOU E. T., GUÉDÉNON A., KOSSOU D. K. & VAN HUIS A. 2014. Evaluating of the 2009 reform of the cotton sector in Benin : perspectives from the field. International Journal of Agricultural Sustainability, Volume 12, No 3, 276-295. - ISSN : 1473-5903 (Print), 1747-762X (Online) <http://dx.doi.org/10.1080/14735903.2014.909637>.
- UNIFA. 2014. Bonnes pratiques de stockage. <http://www.unifa.fr/reglementation/bonnes-pratiques-de-stockage.html>. Consulté le 11/09/2014 à 04h30.
- VAN DER POOL F., GOGAN A. C. & DAGBENONBAKIN G. 1993. L'épuisement des sols et sa valeur économique dans le département du Mono, Bénin. DRA/RAMR. 79 p. KIT, Amsterdam.