

DEMANDE D'ENGRAIS DES PRODUCTEURS CEREALIERES AU SENEGAL :

QUELS FACTEURS INFLUENCENT L'ADOPTION ET L'INTENSITE D'UTILISATION ?

A. BEYE¹, L. V. MAGNE DOMGHO², M. SALL³

¹Faculté des Sciences Economiques et de Gestion, Université Cheikh Anta Diop de Dakar

assane1.beye@ucad.edu.sn

²Institute Akademiya 2063

³Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA)

RESUME

L'objectif de ce papier est d'identifier les facteurs déterminants l'adoption et l'intensité d'utilisation des engrais par les producteurs de céréales sèches. Nous avons utilisé des données primaires collectées auprès 5 182 parcelles appartenant 3 986 ménages producteurs de céréales sèche sous pluie. Nous avons appliqué le modèle en deux étapes de Heckman pour estimer la probabilité et l'étendue d'une application d'engrais dans les exploitations de céréales sèches notamment le maïs, le mil, le sorgho et le riz pluvial au Sénégal. La consommation d'engrais chimique demeure relativement faible au Sénégal puisque seul 37,1% des ménages agricoles producteurs de céréales sèches utilisent l'engrais à hauteur de 31,1 kg/ha, un taux inférieur à l'objectif des 50 kg/ha visé par les pays de la CEDEAO. La faiblesse de la quantité disponible d'engrais subventionné constitue une contrainte réelle à son utilisation. En outre, la probabilité d'utilisation de l'engrais augmente avec le niveau d'éducation, la taille de l'exploitation, l'irrigation et le capital social. Ainsi, la professionnalisation des acteurs à travers des formations sur les bonnes pratiques agricoles et une gestion efficiente et durable des ressources permettrait de renforcer les capacités techniques des agriculteurs et ainsi accroître les rendements céréaliers. L'Etat gagnerait aussi à faciliter l'accès au financement des activités agricoles car la contrainte de liquidité diminue la probabilité d'utilisation de l'engrais.

Mots clés : Utilisation d'engrais, Productivité, Modèle à deux étapes de Heckman, Sénégal

ABSTRACT

FERTILIZER DEMAND FOR CEREAL PRODUCERS IN SENEGAL:

WHAT FACTORS INFLUENCE ADOPTION AND INTENSITY OF USE?

This paper aims to identify the determinants of adoption and intensity use of fertilizer by cereal producers in Senegal. We used primary national data collected from 3 986 cereal producers. We applied Heckman's two-step model to estimate the likelihood and extent of fertilizer application in corn, millet, sorghum and rainfed rice production. The consumption of chemical fertilizers remains relatively low as 37.1% of agricultural households use, on average, 31.1 kg / ha which is less than the 50 kg / ha targeted by ECOWAS countries in the declaration of 'abuja (2006). In addition, the likelihood of fertilizer use increases with education level, farm size, irrigation, and social capital. Thus, the professionalization of actors through training on good agricultural practices and efficient and sustainable management of resources would strengthen their technical capacities. The government should facilitate access to finance for agricultural activities as the liquidity constraint decreases the probability of using fertilizer.

Key words : Fertilizer use, Productivity, Heckman two-step model, Senegal

Q12, D24, C34, N57

INTRODUCTION

L'augmentation de la production agricole en quantité et en qualité suffisante afin de nourrir une population mondiale en forte croissance constitue un des défis majeurs des politiques agricoles dans les pays en développement (Kitinoja *et al.*, 2018 ; Affognon *et al.*, 2015). Dans ces pays, l'augmentation de l'offre de produits agricoles passera, nécessairement, par la croissance de la productivité en raison de la dégradation des sols, des gaps de rendements et du faible niveau d'adoption d'intrants modernes (Therriault *et al.*, 2018 ; Koussoubé & Nauges, 2017). Parmi ces intrants, figure l'engrais qui est connu pour être un intrant puissant d'augmentation de la productivité puisque les études récentes révèlent qu'un tiers de l'augmentation de la production céréalière mondiale est attribué à des facteurs relevant de l'engrais (Burke *et al.*, 2019). Il apparaît dès lors qu'une utilisation substantielle mais optimale d'engrais est un prérequis pour l'amélioration de la productivité agricole et partant, de l'accroissement de la production et des revenus agricoles puisqu'aucun pays du monde n'a atteint une croissance agricole substantielle sans accroître sa consommation d'engrais (Seck, 2016).

L'utilisation d'engrais sera cruciale pour augmenter et maintenir la productivité agricole en Afrique (Jayne & Rashid, 2013). En Asie, l'engrais a joué un rôle tout aussi important que les semences améliorées en contribuant jusqu'à 50 % de la croissance du rendement durant la révolution verte (Morris *et al.*, 2007). Ainsi, l'utilisation accrue d'engrais sera probablement cruciale pour augmenter et maintenir la productivité agricole africaine (Burke *et al.*, 2019). Toutefois, en dépit de la déclaration d'Abuja (2006), aucun pays africain n'a atteint l'objectif d'utilisation de 50 kg d'engrais par hectare, avec une consommation d'engrais qui a stagné à 6-12 kg / ha / an au cours des 10 dernières années (Liverpool-Tasie, 2017). Pourquoi l'utilisation d'engrais est-elle encore faible ? quels sont les facteurs socioéconomiques et biophysiques qui influencent l'utilisation d'engrais ? Ce papier part de l'hypothèse selon laquelle une meilleure compréhension des facteurs qui influencent la décision d'utilisation d'engrais par les producteurs permettrait d'améliorer les taux d'application d'engrais dans les pays africains et ainsi accroître la productivité et les revenus des populations rurales.

La littérature révèle que la plupart des études sur l'adoption de l'engrais inorganique en Afrique ont porté sur la chaîne de distribution (Fuentes *et al.*, 2012) ou sur l'efficacité des subventions d'engrais (Seck, 2016 ; Ricker-Gilbert *et al.*, 2013). Du côté de la demande, les tentatives d'explication de la faible application d'engrais ont mis en exergue la faible réponse des rendements (Burke *et al.*, 2017), la faible profitabilité (Burke *et al.*, 2019 ; Koussoubé & Nauges, 2017), le manque de connaissance agronomiques (Liverpool-Tasie *et al.*, 2017), le manque d'accès aux services de vulgarisation (Conley & Udry, 2010) et les coûts de transaction et de transport élevés (Minten *et al.*, 2013). Pourtant d'autres facteurs liés à l'environnement de production comme la pluviométrie, les actifs du ménage et le système de production pratiqué peuvent aussi expliquer la faible adoption d'engrais. Ce papier vise à contribuer à la compréhension des leviers économiques, sociaux et biophysiques sur lesquels il faudrait agir pour améliorer l'utilisation de l'engrais en vue d'une augmentation de la productivité agricole dans les terres arides.

Les ménages agricoles fondent leur décision d'adoption d'une technologie sur le principe de la rationalité en cherchant à maximiser leur utilité (Shakya & Flinn, 1985) ; (Kouassi, 2009). Ainsi, la décision d'adoption est supposée se faire en deux étapes : dans la première étape le producteur décide d'utiliser ou non des engrais (décision discrète), ensuite il décide de la quantité d'engrais à utiliser (Anley *et al.*, 2007). Si les décisions sont séparées, alors l'intensité d'adoption peut être caractérisée par la sélectivité (Heckman, 1979). Pour les ménages producteurs de céréales sèches, la décision discrète d'utiliser des engrais et la décision sur le taux d'application peut être conjointe ou séparée (Yirga & Hassan, 2013). C'est ainsi que la procédure d'estimation en deux étapes d'Heckman est utilisée afin de contrôler le biais de sélection. La probabilité d'adoption est estimée dans une première étape et l'inverse du ratio de Mill obtenu est insérée utilisée comme une des variables explicatives. La méthodologie d'échantillonnage en deux étapes qui a été utilisée a permis d'enquêter 4 533 ménages répartis dans les 42 départements agricoles du territoire national dont 4 480 ménages sont obtenus après apurement. Parmi eux, 3 986 produisent les céréales sèches (maïs, mil, sorgho, riz pluvial) à travers 5 182 parcelles représentant les observations du modèle économétrique.

Au Sénégal, le secteur de l'engrais a connu plusieurs types d'interventions publiques au gré des stratégies de développement en vigueur (Dieng & Gueye, 2005). D'abord, la période d'intervention accrue de l'Etat dans le cadre du Programme Agricole (1960-1980) marquée par une politique qui visait essentiellement la subvention des produits d'exportations agricoles par la fourniture d'intrants, d'équipements et de crédits, tout en négligeant une stratégie de développement rural. Ensuite, la période des Programmes d'Ajustement Structurel des années 80, qui a entraîné la levée de toutes les subventions directes à la production à travers une réduction progressive de la subvention de l'engrais et son arrêt total en 1989. Ce n'est que vers la fin des années 90 que l'État est revenu aux politiques de soutien aux intrants à travers un programme national fortement subventionné de mise à disposition des phosphates locaux aux producteurs pour la recapitalisation de leur foncier. Par ailleurs, une bonne partie de cette consommation est destinée à l'arachide au détriment des céréales. Depuis l'an 2000, le secteur de l'engrais a fait l'objet d'un regain d'intérêt de la part des autorités étatiques. Ce retour de l'interventionnisme étatique s'est d'abord fait à travers la mise en place de mécanismes de garantie du crédit pour l'achat d'engrais au prix du marché et ensuite le remplacement des garanties de crédit à partir de 2004/05 par une subvention d'intrants jusqu'à 50 % des prix marchands dans les filières ciblées (arachide, riz, maïs). Le programme engrais de la politique agricole en cours vise essentiellement à accroître le volume des engrais et surtout d'améliorer la distribution pour une plus grande efficacité dans leur utilisation (Seck, 2016).

La suite du document est structurée comme suit. Dans la première section, il sera analysé le contexte de la filière engrais au Sénégal avec un accent particulier sur le rôle de l'Etat dans l'offre d'engrais. La deuxième section dresse le cadre d'analyse de l'étude en mettant en exergue les méthodes d'échantillon et d'analyse économétriques des données. Dans la dernière section, nous mènerons une analyse économétrique afin d'identifier les facteurs qui influencent l'utilisation et l'intensification d'engrais chez les producteurs de céréales sèches au Sénégal avant de conclure.

ECONOMIE POLITIQUE DE L'ENGRAIS AU SENEGAL

Le développement agricole, depuis la révolution verte, s'est accompagné par un mouvement de spécialisation des exploitations, un agrandissement des structures et une intensification des systèmes productifs. L'augmentation de la productivité agricole a été permise par l'amélioration génétique des différentes cultures, la généralisation de la mécanisation, le recours à l'irrigation, les améliorations foncières et l'usage plus intensif des fertilisants minéraux (Tremblay *et al.*, 2011). Le Sénégal ne fait pas exception puisque l'offre en quantité et en qualité suffisante des engrais a toujours occupé une place de choix dans les politiques agricoles. En effet, l'engrais constitue la cible principale des programmes de subvention au Sénégal avec des subventions d'engrais qui sont passées de 30 % des subventions agricoles totales en 2016 à 56 % en 2018 avec comme objectif l'amélioration de la disponibilité et de l'utilisation de l'engrais grâce à un prix d'achat réduit (Seck, 2016). Les raisons avancées pour cette subvention sont : le soutien aux revenus des producteurs, en particulier les petits exploitants, la nécessité d'éviter les coûts élevés qui peuvent décourager les utilisateurs d'engrais par exemple, compte tenu du risque non négligeable d'échec à cause des conditions climatiques et de l'augmentation de la productivité (IPAR, 2015).

L'essentiel de l'engrais consommé au Sénégal est importé, malgré le bon potentiel pour la production d'engrais à partir du phosphate naturel (Fuentes *et al.*, 2012). Traditionnellement, les importations d'engrais ont été dominées par l'urée, suivies du complexe Azote (N), Phosphore (P) et Potassium (K) et, dans une très faible mesure, des engrais organiques. Ces engrais importés proviennent essentiellement d'Europe (72 % de la France et de l'Italie), du Japon (10 %), du Maroc et de l'Iran (9 % chacun) (IFDC, 2014). La plupart des engrais importés au Sénégal sont ensachés, avec une petite quantité en vrac en raison de la faible capacité des installations de mélange opérationnelles. Pourtant, le Sénégal dispose de structures de production primaire de phosphates naturels et d'acide phosphorique dans plusieurs sites dans

les régions de Thiès et Matam mais ces ressources servent à la production de produits intermédiaires tels que l'acide phosphorique destinés à l'exportation pour l'élaboration de produits d'engrais composés à l'étranger (IFDC, 2014). En effet, depuis sa recapitalisation en 2008, les Industries Chimiques du Sénégal (ICS) se sont spécialisées dans la production d'acide phosphorique pour l'exportation vers l'Inde ou le Mali (où une société malienne la transforme avant de la revendre au Sénégal).

Deux phases peuvent être distinguées dans l'évolution de l'offre d'engrais au Sénégal. Une première phase caractérisée par le monopole des ICS qui fabriquait toutes les formules demandées par l'État et importait l'urée jusqu'en 2006. Une deuxième phase marquée par l'ère de la libéralisation de l'offre d'engrais au Sénégal du fait des difficultés financières des ICS qui ne parvenaient plus à couvrir les besoins. On assiste alors à l'entrée d'une dizaine d'entreprises privées dans l'importation d'engrais. Cette phase de libéralisation est marquée par un système d'accréditation pour les entreprises privées souhaitant intégrer le marché d'importation et de distribution d'engrais en réponse aux appels d'offres annuels lancé par le gouvernement (Kelly *et al.*, 2011). Ainsi, les différentes approches de distribution des engrais ont permis de bâtir une chaîne d'offre libéralisée malgré des marges inégalement réparties entre les acteurs. Toutefois, il convient de signaler que malgré cette libéralisation, la filière reste caractérisée par une prédominance de la présence de l'État qui détermine l'accès au crédit à tous les niveaux, fixe le niveau minimum de fabrication (importation) et les prix pour le marché entier (Fuentes *et al.*, 2012). De plus, l'État à travers ses services dont la Direction de l'Agriculture (DA) et ses services régionaux déconcentrés se charge de l'estimation des besoins, des appels d'offre, de la fixation du prix et de la distribution à travers des commissions. Les entreprises privées s'activent, quant à elles, à l'importation et au transport jusqu'aux entrepôts des communautés rurales en fonction des quotas attribués par l'État.

La gestion des subventions d'engrais au Sénégal reste marquée par de nombreux dysfonctionnements tels que la reconduction automatique des aides aux mêmes bénéficiaires, le financement de filières peu rentables et de projets à faible intensité d'investissement, l'absence d'évaluation des aides et de contrôle des actions subventionnées

et la faible articulation entre le développement, la recherche et la formation (IPAR, 2015). Il convient aussi de noter l'intervention du système financier à travers la Caisse Nationale de Crédit Agricole du Sénégal (CNCAS) qui intervient en amont pour l'importation et la distribution d'engrais du secteur privé et en aval pour la fourniture de crédits aux agriculteurs sur la base des paiements de crédit historiques. Le respect des engagements avec la banque constitue donc une condition sine qua non pour l'accès aux engrais subventionnés. Ainsi, les agriculteurs qui n'ont ni argent liquide, ni accès au crédit, sont privés de l'utilisation d'engrais, malgré la subvention, s'ils n'ont pas la capacité de payer pour la partie non subventionnée du prix (Fuentes *et al.*, 2012).

MATERIELS ET METHODES

DONNEES

Les données utilisées dans ce papier ont été collectées dans le cadre du Projet d'Appui aux Politiques Agricoles (PAPA) qui sont représentatives au niveau national et contiennent des informations agricoles détaillées au niveau des ménages et des parcelles. Les producteurs enquêtés constituent un sous-échantillon de la base de données de la Direction de l'Analyse, de la Prévision et des Statistiques Agricoles (DAPSA). Il s'agit d'une enquête par sondage à deux degrés, avec comme unités primaires les districts de recensement (DR) tels que définis lors du Recensement Général de la Population, de l'Habitat, de l'Agriculture et de l'Élevage (RGPHAE, 2013) et comme unités secondaires les ménages agricoles. À partir de la base de sondage du RGPHAE, nous avons dénombré 755 532 ménages agricoles pratiquant l'agriculture au sens large, avec 458 797 ménages agricoles qui font l'agriculture sous pluie (environ 60 %). Finalement, 4 533 ménages répartis dans les 1 260 Districts de Recensement dans les 42 départements agricoles (DR) ont été tirés proportionnellement à la typologie des producteurs établie par le ministère en charge de l'agriculture (gros, moyens, petits). Les données ont été collectées entre décembre 2016 et février 2017. Après l'apurement et le nettoyage des données, la taille finale de l'échantillon pour cette analyse est de 4 480 ménages agricoles dont 3 986 produisent des céréales sèches (Maïs, Mil, Sorgho, Riz et fonio).

METHODOLOGIE

Dans la littérature économique, les ménages agricoles fondent leur décision d'adoption ou d'intensification d'une technologie donnée sur le principe de rationalité et donc cherchent à maximiser leur utilité (Shakya & Flinn, 1985 ; Kouassi, 2009). Selon (Marenya & Barrett, 2009), les producteurs utilisent une technologie uniquement lorsque l'utilité ou le profit escompté, qui est latente et donc pas directement observée, est considérablement supérieure aux résultats sans la technologie. Dans le cas spécifique des engrais chimiques, la décision d'adoption est supposée se faire en deux étapes : dans la première étape le producteur décide d'utiliser ou non les engrais (décision discrète), ensuite il décide de la quantité d'engrais à utiliser (taux d'application) (Anley *et al.*, 2007). Cependant, dans ce processus de décision, on peut être confronté au problème de biais de sélection i.e. à une classification arbitraire des utilisateurs et non-utilisateurs, qui est lié au fait que les individus s'auto sélectionnent par le fait qu'ils aient accès ou pas à la technologie (Cragg, 1971 ; Heckman, 1979). Dans le cadre de cette étude, la procédure d'estimation en deux étapes d'Heckman est utilisée afin de contrôler le biais de sélection en estimant séparément la probabilité d'adoption et l'intensité d'utilisation de la technologie tout en imposant une condition d'exclusivité dès la première étape (Yirga & Hassan, 2013). Le biais de sélection est corrigé en intégrant les effets des inobservables dans la deuxième estimation (Heckman, 1979 ; Johannes *et al.*, 2010 ; Siziba *et al.*, 2010).

Le modèle de sélection de Heckman suit donc une procédure d'estimation en deux étapes dans laquelle, la probabilité d'adoption est estimée dans une première étape, et l'inverse du ratio de Mill (IRM) est obtenu. Dans la seconde étape, l'IRM est utilisée comme une variable explicative pour corriger le biais de sélection. L'équation de sélection exprimée en termes de variable latente (inobservée) est donnée ci-dessous :

$$I_i^* = Z_i \gamma + \varepsilon_i$$

$$I_i = \begin{cases} 1 & \text{si } I_i^* > 0 \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

Où est une variable de sélection représentant la décision d'utiliser l'engrais (est observé) ; si l'engrais est utilisé et sinon. est un ensemble de variables exogènes déterminant l'utilisation

ou pas de l'engrais et un terme d'erreurs supposés identiques et indépendamment distribués.

La deuxième équation (équation substantielle) est une équation linéaire de l'intensité d'utilisation. Elle est généralement estimée par un moindre carré ordinaire (MCO) et est définie comme suit :

$$Y_i = X_i \beta + \mu_i$$

Où représente la quantité d'engrais utilisée à l'hectare (intensité d'utilisation, kg/ha) : un vecteur désignant les caractéristiques des ménages, la dotation en actifs de l'agriculteur et d'autres variables institutionnelles ou politiques, est un vecteur de paramètres à estimer et le terme d'erreur qui suit une loi normale. est observée lorsqu'on a décidé d'utiliser l'engrais chimique (). Ce qui pose un problème de sélectivité et les estimations de paramètres utilisant les moindres carrés ordinaires sont biaisées. On peut obtenir des estimations non biaisées en utilisant la fonction de régression conditionnelle suivante :

$$E(Y_i | I_i^* > 0) = X_i \beta + \beta_\lambda \lambda_i$$

Où représente l'inverse du ratio de Mill (IRM) et est donnée par :

$$\lambda_i = \frac{\phi(w_i' \alpha)}{\Phi(w_i' \alpha)}$$

Où et désignent respectivement les fonctions de densité et de répartition de la loi normale. La valeur de n'est pas connue, mais les paramètres () peuvent être estimés à l'aide d'un modèle Probit. L'équation à estimer est donnée par :

$$Y_i = X_i \beta + \beta_\lambda \hat{\lambda}_i + v_i$$

La méthode du maximum de vraisemblance est utilisée pour obtenir les estimations des paramètres du modèle. Sur la base de la revue empirique effectuée, nous avons identifié, entre autres variables, susceptibles d'influencer l'utilisation d'engrais : les caractéristiques du ménage, la dotation en ressources du ménage, le capital social, les pratiques culturelles, les infrastructures, la capacité financière, la spéculation et la zone agro écologique.

ANALYSE DESCRIPTIVE

Les statistiques descriptives des variables utilisées pour l'estimation économétrique sont consignées dans le tableau 1. L'analyse descriptive montre un taux de consommation

d'engrais qui demeure relativement faible au Sénégal puisque seul 37,1 % des ménages agricoles producteurs de céréales sèches. Ces derniers utilisent en moyenne de 31,1 kg/ha d'engrais inorganique. Ce taux, est encore très éloigné des 50 kg/ha qui sont visés par les pays de la CEDEAO dans le cadre de la déclaration d'Abuja (Liverpool-Tasie, 2017). L'engrais utilisé par les agriculteurs provient des marchés, des dons, de la subvention qui représente la grande partie de l'engrais utilisée dans les exploitations agricoles durant l'hivernage. En effet, 60,6 % des ménages enquêtés ont accès à l'engrais subventionné. Toutefois, il convient de souligner le faible niveau d'utilisation des semences améliorées estimé à 9,4 % de l'échantillon. Ce qui peut altérer l'efficacité des engrais. Le prix d'achat moyen de l'engrais au niveau communal est de 159,37 FCFA le kilogramme. La variable pluviométrie est la moyenne des 5 dernières collectées c'est-à-dire de 2012 à 2016 à partir des données satellitaires de l'Observatoire de la météorologie tropicale (TAMSAT). Elle montre une pluviométrie moyenne assez importante avec de fortes variabilités.

En ce qui concerne les caractéristiques du ménage, on note que la majorité des ménages sont dirigés par des hommes, peu instruits avec une moyenne d'âge de 53,2 ans et 24,5% ayant au moins le niveau primaire. On note aussi qu'en moyenne, les ménages enquêtés utilisent essentiellement de la main d'œuvre familiale dont 51,3% sont des hommes et diversifient leur revenu puisque 55,4% déclarent disposer de revenus hors ferme. Cette diversification des revenus est considérée comme une stratégie de gestion des risques dans les zones semi-arides caractérisées par une faible pluviométrie combinée à une forte variabilité de la température limitant ainsi la fertilité des sols. Les actifs dont dispose le ménage déterminent sa dotation en ressources notamment la superficie totale exploitée et la taille du troupeau a été convertie en Unité de Bétail Tropical (UBT). Il convient de souligner qu'en moyenne, chaque agriculteur exploite 4,7 hectares avec une faible sécurisation du foncier puisque seuls 13,2 % des producteurs disposent de titres de propriétés. En outre, le système de la diversification culturelle reste dominant avec 45,9 % des

superficies emblavées qui sont allouées à la principale culture. Toutefois, le taux d'irrigation reste faible autour de 6,3 % malgré le potentiel hydraulique.

Les perceptions et les constructions cognitives sur les risques ainsi que les contextes culturels ont une influence certaine sur les choix stratégiques de pratiques culturales qui désignent un ensemble de principes à appliquer aux processus de production agricole pour obtenir de meilleurs rendements agricoles (Beye *et al.*, 2018). Ainsi, même si 74,3 % des ménages enquêtés perçoivent une faiblesse des récoltes de 2016 par rapport à une année normale, seuls 8,7 % considèrent la dégradation des sols comme une contrainte de production.

Le capital social peut être généré par des réseaux de relations pour faciliter l'échange de ressources et d'informations entre des individus d'une communauté grâce à des réseaux de relations et d'entraide (Dasgupta, 2003). Cet échange de ressources et d'informations qui peuvent être mobilisés à des fins socialement utiles peut se faire à travers des réseaux tels que les coopératives, les services de vulgarisation, les institutions de crédit et les marchés. Les statistiques descriptives révèlent une faible dotation en capital social des producteurs puisque seuls 11,8 % des enquêtés disent appartenir à une coopérative et 3,5 % ont accès aux crédits. De plus, l'accès aux services de vulgarisation ne concerne que 12,6 % des ménages tandis que les marchés qui sont généralement des espaces de socialisation et de diffusion d'innovations restent éloignés des concessions.

Le taux d'adoption et d'application de l'engrais varie fortement en fonction de la spéculation et des zones agro écologiques. En effet, contrairement au mil et à l'arachide où seuls 23,4 % et 24,5 % des ménages utilisent l'engrais, respectivement, on note que 50 % des riziculteurs et 41,5 % des maïsiculteurs l'appliquent à leurs champs. Il est à noter que c'est dans les régions où il y a une certaine maîtrise de l'eau (irrigation) et une forte intensification de la production avec la présence de société d'encadrement (Vallée Fleuve Sénégal et Niayes) qu'on observe les plus forts taux d'utilisation d'engrais.

La conversion de la taille du troupeau en Unité de Bétail Tropical qui est un animal théorique de référence permet de l'uniformiser et ainsi de faciliter les comparaisons. Selon cette approche, les facteurs de conversion sont les suivants : bovins = 0,7, Moutons = Chèvres = 0,1.

Tableau 1 : Analyse descriptive.*Descriptive analysis.*

	Moyenne	Sd
Quantité d'engrais utilisé (kg/ha)	31.1	155.819
Sexe du chef de ménage : 1 si male	0.946	0.226
Âge du chef de ménage (en année)	53.233	13.383
Education du chef de ménage : 1 si au moins niveau primaire	0.245	0.430
Revenu hors ferme : 1 si oui	0.554	0.497
Proportion d'hommes adultes	0.513	0.165
Main d'œuvre familiale	6.252	3.973
Nbre total du bétail détenu en UBT	0.435	6.258
Superficie cultivée (en ha)	4.771	4.611
Proportion de terres allouées à la principale culture	0.459	0.277
Périmètre irrigué : 1 si oui	0.063	0.243
Propriété foncière : domaine national non affecté	0.132	0.339
Précipitations moyennes (en millimètre)	670.584	279.037
Contrainte de production : 1 si dégradation du sol	0.087	0.281
Appréciation de la récolte : 1 récolte inférieure à une année normale	0.743	0.437
Accès au crédit : 1 si oui	0.035	0.185
Adhésion coopérative : 1 si oui	0.118	0.323
A reçu des conseils : 1 si oui	0.126	0.332
Distance au marché le plus proche (en km)	11.069	15.275
Mode d'acquisition d'engrais : 1 si subventionné	0.606	0.489
Prix des engrais au niveau communal	159.370	43.390
Utilisation des semences améliorées : 1 si oui	0.094	0.291
Mil	0.484	0.500
Sorgho	0.139	0.346
Maïs	0.229	0.420
Riz	0.149	0.356
Bassin arachidier	0.508	0.500
Zone Sylvo- pastorales du Ferlo	0.002	0.046
Casamance	0.073	0.259
Delta et Vallée du fleuve Sénégal	0.257	0.437
Centre-Est/Sud-Est	0.063	0.242
Littoral et Niayes	0.097	0.296

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Dans cette partie, les résultats de l'estimation des paramètres du modèle de sélection de Heckman sont présentés et discutés afin d'observer l'influence relative des caractéristiques démographiques du ménage, des caractéristiques de la ferme, des variables économiques du ménage, des facteurs institutionnels et des contraintes de production sur l'adoption et l'intensité d'utilisation des engrais.

Les estimations économétriques ont porté sur les parcelles. Ainsi, les 3896 ménages agricoles enquêtés disposent au total de 5 182 parcelles sur lesquelles ont porté l'estimation de l'équation

de sélection. Les observations non censurées, c'est-à-dire les observations des individus ayant décidé d'utiliser les engrais, sont considérées dans l'équation substantielle. Cette estimation a porté sur 1 423 observations non censurées. Par ailleurs, la significativité de la fonction de probabilité du modèle de sélection de Heckman ($Wald\ 2 \div (27) = 1,458.28$; $Prob > 2 \div = 0,000$) indique que le modèle est globalement significatif. De plus, le coefficient rho est significatif au seuil de 10 %, ce qui suppose l'existence d'effets inobservés affectant la probabilité d'utiliser l'engrais. Ces résultats permettent d'affirmer que le modèle de sélection de Heckman est mieux adapté aux observations.

Les résultats des estimations économétriques sont présentés dans le tableau 2. Ils indiquent que les variables présentent les signes attendus. En ce qui concerne les caractéristiques des ménages, les résultats montrent que le sexe du chef de ménage, le niveau d'éducation du chef de ménage, la main d'œuvre familiale et la proportion d'homme adulte dans le ménage impactent significativement la probabilité d'utilisation des engrais. Les résultats révèlent que le sexe du chef de ménage et l'éducation (avoir au moins le niveau primaire) sont des facteurs qui agissent positivement sur la probabilité d'utilisation des engrais. Ainsi, les chefs de ménage hommes ont une probabilité d'adoption des engrais plus élevée que les femmes. En effet, les moyens de production (foncier) et les décisions de production sont généralement sous la responsabilité des hommes. (Wanyama *et al.*, 2009) et (Eba & Bashargo, 2014) obtiennent des résultats similaires chez les agriculteurs respectivement au Kenya et dans l'Etat régional d'Orinia en Ethiopie. En outre, l'augmentation du niveau d'éducation tendrait à favoriser l'adoption des engrais, car les agriculteurs instruits peuvent mieux traiter les informations que les autres (Schultz, 1975). Ces résultats corroborent avec les conclusions de (Chinu & Tsujii, 2004) au Nigeria ; (Fufa & Hassan, 2005) en Ethiopie et (Akpan *et al.*, 2012) dans l'état d'Akwa Ibom au Nigeria.

En ce qui concerne la dotation en ressources des agriculteurs, la taille de l'exploitation apparaît significative et présente un signe positif. Cela implique que la probabilité d'utilisation d'engrais augmente avec la taille de l'exploitation. Ce résultat s'explique par la forte présence de l'Etat sur le marché de l'engrais au Sénégal. En effet, malgré la libéralisation récente, le marché de l'engrais continue à être contrôlé par l'Etat qui utilise la taille de l'exploitation pour faire ses projections. Cependant, la quantité (kg/ha) diminue au fur et à mesure que la taille de l'exploitation augmente. En effet, la quantité d'engrais offerte par l'Etat étant inférieure à la demande des exploitations agricoles, les quantités qui arrivent également au niveau de ces exploitations sont relativement faibles, d'où le problème de l'efficacité et de l'efficience de ces subventions. Ce résultat est confirmé par le mode d'acquisition puisque les ménages qui acquièrent les engrais par subvention utilisent moins d'engrais à l'hectare comparé à ceux qui l'achètent sur le marché ou l'obtiennent par

transfert ou don. Allant dans le même sens, on constate également que la spécialisation sur une culture augmente la probabilité d'utilisation des engrais minéraux. En effet, le rapport entre la superficie allouée à une culture et la superficie totale exploitée est significative et augmente la probabilité d'adoption d'engrais, mais diminue la quantité d'engrais utilisés.

Les périmètres irrigués ont un effet positif et statistiquement significatif aussi bien sur la probabilité d'utiliser les engrais que sur le niveau d'intensification. Ceci voudrait dire que l'utilisation des engrais est d'une part liée à la disponibilité de l'eau qui permet une meilleure absorption des nutriments par la culture et une pénétration plus rapide dans le sol. En outre, l'irrigation permettrait aussi aux cultures d'absorber plus d'engrais, ce qui incite donc les agriculteurs à en appliquer une plus grande quantité (FAO, 2004). La disponibilité et la maîtrise de l'eau dans le système irrigué favorisent la professionnalisation des exploitations car elles réalisent des investissements relativement élevés comparativement aux autres types d'exploitation (pluvial, bas-fond, etc.). La main d'œuvre familiale quant à elle influence de façon significative et positive la décision d'utiliser les engrais et la quantité d'engrais utilisée par ha. En effet, la disponibilité de la main d'œuvre familiale facilite l'épandage de l'engrais. Ces résultats vont dans le même sens que ceux trouvés par (Olayide *et al.*, 2009) dans le Nord du Nigeria. Il est aussi important de noter que la proportion d'homme adulte diminue significativement la probabilité d'utiliser l'engrais et son intensité. Ce qui pourrait s'expliquer par le fait que ce sont les enfants (adolescents) qui s'occupe généralement de la mise en œuvre des opérations culturales et que les adultes jouent souvent le rôle de superviseur en donnant les directives.

La taille du troupeau agit aussi négativement sur la probabilité d'utilisation d'engrais inorganique. En effet, plus le ménage dispose de bétail en TLU, moins il est susceptible d'utiliser les engrais minéraux. Cela pourrait s'expliquer par le fait que les agriculteurs ayant un gros bétail peuvent utiliser du fumier de bétail, ce qui réduirait leur probabilité d'utiliser l'engrais. Au regard des pratiques culturales dans cette zone où l'intégration agriculture élevage est une réalité, l'utilisation du fumier organique permet d'entretenir la fertilité des sols tout en réduisant les coûts des engrais minéraux (Bèye *et al.*,

2018).

Le capital social peut aussi permettre d'expliquer l'utilisation ou pas de l'engrais. En effet, l'appartenance à une coopérative ou l'accès aux services de vulgarisation (conseil) favorisent aussi bien l'adoption et l'intensification de l'utilisation de l'engrais. Ce résultat pourrait s'expliquer par la forte présence de l'état dans la chaîne d'offre et qui s'appuie généralement sur les organisations paysannes pour la planification et la distribution.

L'utilisation des semences améliorées favoriserait aussi bien l'adoption que l'intensification des engrais. En général, pour atteindre leur potentiel de rendement il est recommandé d'utiliser les engrais minéraux comme le recommandent les bonnes pratiques (FAO, 2019). Ainsi, le paquet associant ces intrants complémentaires est le gage d'une bonne réponse des cultures à l'utilisation combinée de ces intrants. Par ailleurs, la contrainte de liquidité financière est souvent citée comme un déterminant important de l'utilisation d'engrais. Ici, les résultats révèlent que les ménages qui ont accès au crédit sont plus susceptibles d'utiliser l'engrais que ceux qui n'y ont pas accès. L'appréciation des ménages par

rapport à la récolte (plus faible qu'une année normale) réduit la probabilité d'utilisation des engrais. Ainsi, dans la perception des agriculteurs, la baisse de la récolte par rapport à une année normale n'encourage pas l'utilisation d'engrais l'année suivante.

La volatilité des prix peut affecter les équilibres économiques du ménage et ainsi influencer le choix d'utilisation d'engrais (Béregère *et al.*, 2013). L'augmentation du prix des engrais au niveau communale réduit la probabilité d'utilisation des engrais. Ainsi, comme le suggère la théorie économique, l'augmentation du prix des engrais agit négativement sur sa demande. En outre, comme la montre Knepper (2002) en Zambie, la pluviométrie se révèle aussi être un facteur important qui affecte positivement l'utilisation d'engrais. Ce résultat est en phase avec ceux trouvés plus haut en rapport avec l'irrigation.

Les agriculteurs qui cultivent le sorgho sont moins susceptibles d'utiliser l'engrais que ceux qui cultivent le mil, cependant c'est le phénomène inverse qu'on observe avec ceux qui cultivent le maïs. En effet, ce résultat peut être expliqué par le fait que le maïs est, de loin beaucoup plus exigeant en engrais que le mil/sorgho.

Tableau 2 : Résultat des estimations du modèle Heckman pour l'adoption et l'intensité d'utilisation d'engrais.*Result of Heckman model estimates for fertilizer adoption and intensity of use.*

	Probabilité d'adoption		Intensité d'utilisation	
	Coefficient	Std. Err.	Coefficient	Std. Err.
Précipitations moyennes	0.0004**	0.000	0.0006***	0.000
Contrainte de production : 1 si dégradation du sol	0.047	0.106	-0.0701	0.089
Appréciation de la récolte : 1 récolte inférieure à une année normale	-0.3138***	0.058	-0.0414	0.043
Accès au crédit : 1 si oui	0.3969***	0.111	0.0196	0.078
Adhésion coopérative : 1 si oui	0.4755***	0.079	0.1381**	0.056
A reçu des conseils : 1 si oui	0.3487***	0.079	0.1073*	0.059
Acquisition d'engrais : subventionné			-0.1838***	0.044
Utilisation améliorée des semences : 1 si oui	0.7827***	0.087	0.2143***	0.070
Revenu hors ferme : 1 si oui	0.0674	0.049	-0.014	0.041
Prix des engrais au niveau communal	-0.0001***	0.000	0.0000***	0.000
Nbre total du bétail détenu en TLU	-0.0042*	0.002	-0.0136	0.010
Proportion de terres allouées à une culture donnée	0.4190***	0.112	-0.9481***	0.106
Total des terres cultivées (en ha)	0.0313***	0.006	-0.0378***	0.005
Main d'œuvre familiale	0.0282***	0.007	0.0241***	0.005
Périmètre irrigué : 1 si oui	1.1393***	0.143	1.0074***	0.172
Âge du chef de ménage (en année)	-0.00003	0.002	-0.0023	0.002
Sexe du chef de ménage : 1 si male	0.2446*	0.129	0.1407	0.091
Education du chef de ménage : 1 si au moins niveau primaire	0.2443***	0.059	0.1600***	0.047
Proportion d'hommes adultes	-0.5662***	0.152	-0.4058***	0.117
Distance au marché le plus proche (en km)	0.0103***	0.002	0.0003	0.002
Propriété foncière : domaine national non affecté	0.2075***	0.061		
Culture (rf: Mil)				
Sorgho	-1.3135***	0.119	-0.1492	0.120
Maïs	0.5039***	0.062	0.4817***	0.054
Riz	0.0981	0.084	0.1245*	0.075
Zone agroécologique (rf: Bassin arachidier)				
Sylvo-pastorales du Ferlo	-0.6798***	0.114	0.9380***	0.203
Casamance	-0.2390**	0.097	-0.2160***	0.071
Delta et Vallée du fleuve Sénégal	-0.0042	0.171	0.9196***	0.203
Centre-Est/Sud-Est	-0.6263***	0.096	-0.1576*	0.091
Littoral et Niayes	-6.7137***	0.208		
Constant	-0.5865**	0.242	4.2262***	0.181
Athrho	0.1172*			
Lnsigma	-0.4795***			
Rho	0.120*			
Sigma	0.620			
lambda	0.070			
Wald chi2	1,472.30			
Sélectionné	1,460			
Non sélectionné	3,722			
N	5,182			

CONCLUSION

Une meilleure compréhension des facteurs qui influencent la décision d'utilisation d'engrais par les producteurs permettrait d'identifier les facteurs sur lesquels il faudrait agir pour améliorer les taux d'application d'engrais dans les pays africains et ainsi accroître la productivité et les revenus des populations rurales. L'objectif de ce papier était d'identifier les facteurs déterminants l'adoption et l'intensité d'utilisation

des engrais par les producteurs de céréales sèches. Les données du Programme d'Appui aux Politiques Agricoles recueillies auprès de plus de 3 986 ménages producteurs de céréales sèche sous pluie (maïs, mil, sorgho, riz pluvial) ont été utilisées pour examiner les décisions d'adoption et d'intensification d'engrais au Sénégal. Le modèle en deux étapes de Heckman a été utilisé pour estimer la probabilité et l'étendue d'une application d'engrais dans les exploitations de céréales sèches au Sénégal.

Les résultats montrent que la consommation d'engrais chimique demeure relativement faible au Sénégal puisque seul 37,1 % des ménages agricoles producteurs de céréales sèches utilisent l'engrais à hauteur de 31,1 kg/ha, taux inférieur à l'objectif des 50 kg/ha visé par les pays de la CEDEAO. Même si le Sénégal dispose d'un bon potentiel de production d'engrais et aussi de structures de production primaire de phosphates naturels et d'acide phosphorique, la majorité de l'engrais consommé est importée. Dans la perception paysanne, la faiblesse de la quantité disponible d'engrais subventionné constitue une contrainte réelle à son utilisation. La probabilité d'utilisation de l'engrais augmente avec le niveau d'éducation. Ainsi, la mise en place de centre de formation professionnel permettrait de renforcer les capacités techniques des agriculteurs. Les résultats montrent aussi que les grandes exploitations sont plus susceptibles d'utiliser l'engrais. L'Etat devrait donc encourager une mise en commun des ressources et un regroupement des exploitations agricoles pour une efficacité dans l'utilisation des engrais. Aussi, les périmètres irrigués sont plus susceptibles d'utiliser l'engrais. Il conviendrait alors de promouvoir les bonnes pratiques de gestion et de maîtrise de l'eau pour assurer une irrigation complémentaire durant l'hivernage afin de garantir une meilleure réponse des cultures aux engrais et donc une meilleure rentabilisation des investissements dans les engrais. Le capital social dont les services de vulgarisation accroît l'utilisation d'engrais. La probabilité d'utilisation augmente avec l'accès aux semences améliorées. L'Etat pourrait alors valoriser tout le potentiel de rendement à travers une professionnalisation des acteurs. L'Etat gagnerait aussi à faciliter l'accès au financement des activités agricoles car la contrainte de liquidité diminue la probabilité d'utilisation de l'engrais.

REFERENCES

- Affognon, H., Mutungi, C. & Sanguina, P., 2015. Unpacking Postharvest Losses in Sub-Saharan Africa: A Meta-Analysis. *World Development*, Volume 66, p. 49–68.
- Akpan, S., Udoh, E. & Nkanta, V., 2012. Factors influencing fertilizer use intensity among smallholder crop farmers in Abak agricultural zone in Akwa Ibom State, Nigeria. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 2(1), pp. 54-65.
- Anley, Y., Bogale, A. & Haile-Gabriel, A., 2007. Adoption decision and use intensity of soil and water conservation measures by smallholder subsistence farmers in Dedo district, Western Ethiopia. *Land Degradation & Development*, 18(3), p. 289–302.
- Bérenghère, L., Vincent, C. & Karine, D., 2013. Les engrais minéraux dans les exploitations agricoles françaises et européennes. *Économie rurale: Agricultures, alimentations, territoires*, Volume 333, pp. 151-161.
- Bèye, A., Camara, A. D. & Sall, M., 2018. Quels leviers pour améliorer la performance productive des exploitations agricoles en milieu rural sénégalais ?. *Revue Ouest Africaine de Sciences Economiques et de Gestion*, 11(2), pp. 1-22.
- Burke, W. J., Frossard, E., Kabwe, S. & Jayne, T. S., 2019. Understanding fertilizer adoption and effectiveness on maize in Zambia. *Food Policy* 86 (2019) 101721, 86(101721), pp. 1-12.
- Burke, W. J., Jayne, T. S. & Roy Black, J., 2017. Factors explaining the low and variable profitability of fertilizer application to maize in Zambia. *Agricultural Economics*, Volume 48, p. 115–126.
- Chinu, J. N. & Tsujii, H., 2004. Determinant of farmer's decision to adopt or not to adopt inorganic fertilizer in savanna of northern Nigeria. *Nutritional Cycle Agroecosystem*, Volume 70, pp. 293-301.
- Conley, T. G. & Udry, C., 2010. Learning about a new technology: pineapple in Ghana. *American Economic Review*, Volume 100, p. 35–69.
- Cragg, J. G., 1971. Some statistical models for limited dependent variables with application to the demand for durable goods. *Econometrica*, Volume 39, p. 829–844.
- Dasgupta, P., 2003. Social Capital and economic performance: Analytics. *Foundations of social capital*, pp. 238-57.
- Dieng, A. & Gueye, A., 2005. *Revue des politiques agricoles au Sénégal : Bilan critique de quarante années de politique céréalière*, Dakar: ISRA-BAME.
- Eba, N. & Bashargo, G., 2014. Factors affecting adoption of chemical fertilizer by smallholder farmers in Guto Gida District, Oromia Regional State, Ethiopia. *Science, Technology and Arts Research Journal*, 3(2), pp. 237-244.
- FAO, 2004. *Increasing fertilizer use and farmer*

- access in sub-Saharan Africa. A literature review. farmers in Zambia: what can fertilizer consumption alone do or not do?, Rome, Italie: Working Paper.
- FAO, 2019. Code de conduite international sur l'utilisation et la gestion durables des engrais. ., Rome: FAO.
- Fuentes, P. A., Bumb, B. & Johnson, M., 2012. Improving Fertilizer Markets in West Africa: The Fertilizer Supply Chain in Senegal, Washington D.C.: Rapport International Fertilizer Development Center (IFDC) and International Food Policy Research Institute (IFPRI).
- Fufa, B. & Hassan, R., 2005. Stochastic Technology and Crop Production Risk: The Case of Small-Scale Farmers in East Hararghe Zone of Oromia Regional State in Ethiopia. . 2005. . Strategies and Analysis for Growth and Access. Ethiopia.
- Heckman, J. J., 1979. Sample Selection Bias as a Specification Error. *Econometrica*, The econometric society, 47(1), pp. 153-161.
- IFDC, 2014. Senegal Fertilizer Assesment, Alabama, USA: International Fertilizer Development Center.
- IPAR, 2015. Subventions des intrants agricoles au Sénégal : Controverses et réalités, Dakar : Initiative Prospective Agricole et Rural, Rapport sur l'état de l'agriculture et du monde rural au Sénégal..
- Jayne, T. S. & Rashid, S., 2013. Input subsidy programs in sub-Saharan Africa: a synthesis of recent evidence. *Agricultural Economics*, International Association of Agricultural Economists, 44(6), pp. 547-562.
- Johannes, T. A., Vabi, M. & Malaa, D., 2010. Adoption of Maize and Cassava Production Technologies in the Forest-Savannah Zone of Cameroon: Implications for Poverty Reduction. *World Applied Sciences Journal*, Volume 11, pp. 196-209.
- Kelly, V., Mamadou, F., Pierre, N. J. & A., F. A., 2011. Analyse de la filière des engrais au Sénégal et de son évolution sur la période 2000 à 2010, Washington: Agence Américaine pour le Développement International (USAID).
- Kitinoja, L., Tokala, Y. V. & Brondy, A., 2018. Challenges and opportunities for improved postharvest loss measurements in plant-based food crops. *Journal of Postharvest Technology*, 06(4), pp. 16-34.
- Knepper, E. T., 2002. Factors Affecting the Use of Fertilizer by Small-and Medium-sized Farming Households in Zambia, 1997 to 2000. Michigan State University.
- Kouassi, B. Y., 2009. Innovations technologiques et productions agricoles en Afrique de l'Ouest : exemple du Burkina Faso, du Ghana et du Togo. Karthala éditions éd. Bamako: Karthala.
- Koussoubé, E. & Nauges, C., 2017. Returns to fertilizer use: does it pay enough? Some new evidence from Sub Saharan Africa. *European Review of Agricultural Economics*, 44(2), p. 183–210.
- Liverpool-Tasie, L. S. O., 2017. Is fertiliser use inconsistent with expected profit maximization in sub Saharan Africa? «Evidence from Nigeria». *Journal of Agricultural Economics*, 68(1), p. 22–44.
- Marennya, P. P. & Barrett, C. B., 2009. Soil quality and fertilizer use rates among smallholder farmers in western Kenya. *Agricultural Economics*, Volume 40, p. 561–572.
- Minten, B., Koru, B. & Stifel, D., 2013. The last mile(s) in modern input distribution: pricing, profitability, and adoption. *Agricultural Economics*, 44(6), p. 629–646.
- Morris, M. et al., 2007. Fertilizer Use in African Agriculture: Lessons Learned and Good Practice Guidelines, Washington, DC 20433: World Bank.
- Ojo, T. & Baiyegunhi, L., 2019. Determinants of climate change adaptation strategies and its impact on the net farm income of rice farmers in south-west Nigeria. *Land Use Policy*. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.04.007>, 4(7), pp. 1-10.
- Olayide, O., Alene, A. & Ikpi, A., 2009. Determinants of fertilizer use in northern Nigeria. *Pakistan Journal of Social Sciences*, 6(2), pp. 91-98.
- Ricker-Gilbert, J., Jayne, T. & Shively, G., 2013. Addressing the «Wicked Problem» of Input Subsidy Programs in Africa. *Applied Economic Perspectives and Policy* , 35(2), p. 322–340.
- Schultz, T., 1975. The Value of the Ability to Deal with Disequilibrium. *Journal of Economic Literature*, Volume 13, pp. 827-846.
- Seck, A., 2016. Fertilizer Subsidy and Agricultural Productivity in Senegal». *AGRODEP Working paper*, Volume Paper 0024, pp. 1-31.
- Shakya, P. B. & Flinn, J. C., 1985. Adoption of modern varieties and fertilizer use on rice in the eastern Tarai of Nepal. *Journal of Agricultural Economics*, 36(3), p. 409–419.
- Siziba, S. et al., 2010. Determinants of Cereal Market Participation by Sub-Saharan Africa

- Smallholder Farmer. Learning. Publics Journal of Agriculture and Environmental Studies, Volume 2, pp. 180-193.
- Therriault, V., Smale, M. & Haider, H., 2018. Economic incentives to use fertilizer on maize under differing agro-ecological conditions in Burkina Faso. Food Security, Volume 10, p. 1263–1277.
- Tremblay, G. J. et al., 2011. Evaluation à moyen terme des besoins en engrais minéraux (N, P, K) d'une rotation en grandes cultures sur sol argileux. Canadian Journal of Soil Science, Volume 91, pp. 637-646.
- Wanyama, J., Mose, L., Rono, S. & Masinde, A. S. A., 2009. Determinants of fertilizer use and soil conservation practices in maize based cropping system in Trans Nzoia District, Kenya. Kenya Agricultural Research Institute.
- Yirga, C. & Hassan, R. M., 2013. Determinants of inorganic fertilizer use in the mixed crop-livestock farming systems of the central highlands of Ethiopia. African Crop Science Journal, 21 (3), pp. 669 - 681.
- Zerfu, D. & Larson, D. F., 2010. Incomplete markets and fertilizer use: evidence from Ethiopia. , Washnigton D.C.: Policy Research Working Paper Series 5235. The World Bank..

(Footnotes)

1

La conversion de la taille du troupeau en Unité de Bétail Tropical qui est un animal théorique de référence permet de l

'uniformiser et ainsi de faciliter les comparaisons. Selon cette approche, les facteurs de conversion sont les suivants : bovins = 0.7, Moutons = Chèvres = 0.1.