

**EFFICACITÉ INTRA-MÉNAGE DE L'UTILISATION D'ENGRAIS
SUR LES CÉRÉALES PLUVIALES DU MALI**

Par

Melinda Smale, Véronique Theriault et Hamza Haider



Politiques de Sécurité Alimentaire: *Articles de Recherche*

Cette série d'articles de recherche vise à faire connaître rapidement les résultats de recherche et d'analyses politiques réalisés par "Feed the Future" de Innovation Lab for Food Security Policy (FSP) et ses associés, sur financement par l'USAID. Le projet FSP est coordonné par le Food Security Group (FSG) du Department of Agricultural, Food, and Resource Economics (AFRE) de Michigan State University (MSU), et est mis en place en partenariat avec l'International Food Policy Research Institute (IFPRI) et l'University of Pretoria (UP). Ensemble, le groupe de recherche MSU-IFPRI-UP travaille avec les gouvernements, les scientifiques et les parties prenantes du secteur privé dans les pays ciblés par "Feed the Future" en Afrique et en Asie, pour augmenter la productivité agricole, améliorer la diversité des régimes alimentaires, et construire une plus grande résistance face aux défis du changement climatique qui affectent nos moyens de subsistance.

Ces articles de recherche s'adressent à des chercheurs, des décideurs politiques, des agences de financements, des enseignants, et à tous ceux impliqués dans le développement international. Certains articles seront traduits en Français, Portugais ou d'autres langues.

Tous les articles de recherche et les brèves politiques sont téléchargeables gratuitement en format pdf depuis ce site internet : www.foodsecuritylab.msu.edu

Ils sont aussi envoyés au département de l'USAID Development Experience Clearing House (DEC): <http://dec.usaid.gov/>

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient Alpha Kergna, Amidou Assima, Naman Keita et l'équipe d'enquêteurs qu'ils ont dirigée au niveau du Programme Economie des Filières de l'Institut d'Économie Rurale (IER) pour avoir fait preuve d'attention et de professionnalisme dans la réalisation des quatre passages d'enquête détaillée ainsi que des *focus-groups* au niveau des villages. Les auteurs apprécient les différents points de vue que ces chercheurs ont bien voulu partager lors des discussions sur l'utilisation des engrais au Mali. L'USAID / Mali a financé ce travail dans le cadre du Projet de recherche sur la politique de sécurité alimentaire au Mali (PRePoSAM) financé dans le cadre du contrat numéro AID-688-A-16-00001 de la coopération avec le laboratoire d'innovation de la sécurité alimentaire. Hormis ce financement de l'USAID, la collecte des données d'enquête utilisées dans cette analyse a été financée, en partie, par la Fondation Bill & Melinda Gates dans le cadre du projet « Guiding Sustainable Agricultural Investments in Africa (GISAIA) ». Les auteurs endossent entièrement la responsabilité de toute erreur factuelle ou d'interprétation.

AUTEURS

Melinda Smale (msmale@msu.edu) est professeur de développement international au Département de l'économie agricole, de l'alimentation et des ressources, Michigan State University, East Lansing, MI, USA.

Véronique Thériault (theria13@msu.edu) est professeur adjoint de développement international au Département de l'économie agricole, de l'alimentation et des ressources, Michigan State University, East Lansing, MI, USA

Hamza Haider (haidersh@bu.edu) est doctorant au Département de l'économie agricole, de l'alimentation et des ressources, Michigan State University, East Lansing, MI, USA

Ces travaux de recherche ont été réalisés grâce au soutien généreux du peuple américain à travers l'Agence Américaine pour le Développement International (USAID) dans le cadre de l'initiative intitulée « Feed the Future ». Les auteurs assument totalement la responsabilité du contenu de cette étude qui ne reflète point les opinions de l'USAID ni du Gouvernement américain.

Copyright © 2016, Michigan State University. Tous droits réservés. Ce document peut être reproduit pour utilisation à des fins personnelles ou dans le cadre d'activités à but non lucratif sans la permission de MSU mais ce dernier doit être mentionné.

Publié par le Département d'économie agricole, alimentaire et des ressources naturelles, Michigan State University, Justin S. Morrill Hall of Agriculture, 446 West Circle Dr., Room 202, East Lansing, Michigan 48824

Résumé

Nous examinons l'utilisation d'engrais chez les producteurs de sorgho des exploitations agricoles maliennes de la Savane soudanienne. Les céréales pluviales sont typiquement cultivées par les membres de la famille élargie ayant des liens de parenté verticaux (à savoir, les fils célibataires, les fils mariés et leurs familles) ou horizontaux (à savoir, les frères, les différentes épouses) avec le chef d'exploitation. Le chef est généralement le patriarche le plus vieux ou un chef des travaux désigné par ce dernier. Le chef d'exploitation guide l'organisation de la production sur les grandes parcelles cultivées collectivement afin de satisfaire les besoins en aliments de base de la famille élargie. En sa qualité de dépositaire des droits familiaux fonciers, il alloue également des parcelles individuelles aux membres du ménage qui les cultivent individuellement afin de satisfaire leurs besoins. Nous testons les différences intra-ménages de l'adoption, de l'efficacité et de la productivité des engrais selon, d'une part, le sexe du chef des travaux et, d'autre part, le lien de parenté avec le chef d'exploitation. Nous appliquons une approche économétrique très connue, précédemment appliquée par les chercheurs aux données collectées au Mali et au Burkina Faso. Par rapport aux travaux de recherche antérieurs, nous sommes en mesure de contrôler, pour la variation non observée des caractéristiques des sols, dans nos travaux. Nous trouvons que l'application d'engrais par hectare sur le sorgho est en moyenne plus élevée chez les femmes que chez les hommes. Lorsque nous contrôlons pour la qualité non observée des sols, nous trouvons très peu d'indications que l'allocation d'engrais intra-ménage est inefficace bien que les différentiels de productivité persistent. En outre, les différences de produits marginaux pour l'azote entre les parcelles gérées par les femmes et celles gérées par les hommes ne sont pas statistiquement significatives. Les conclusions ont des implications pour la conception des programmes destinés à appuyer l'intensification de la production de céréales au Mali.

Table des matières

1. Introduction	7
2. Méthodes	9
2.1. Stratégie d'estimation	9
2.2. Données.....	10
2.3. Variables.....	11
3. Résultats.....	12
3.1. Statistiques descriptives	12
3.2. Résultats économétriques.....	14
4. Conclusions	16
Références.....	19
Annexe: tableaux et figures.....	21

1. Introduction

Une analyse récente de la structure et de la performance de la filière des engrais au Mali (Theriault et al. 2015) conclut que, bien que l'utilisation totale d'engrais semble avoir augmenté au cours de cette dernière décennie, les raisons qui motivent cette utilisation varient considérablement chez les producteurs de la même culture. Comme dans la plupart des autres pays de l'Afrique subsaharienne, le Mali a des recommandations sur l'utilisation d'engrais de couverture qui, trop souvent, ne reflètent pas bien la micro-variabilité de la qualité des sols et les avantages différentiels de leur usage (Kaizzi et al. 2017; Kihara et al. 2016). Ici, nous examinons l'efficacité de l'utilisation et la productivité des engrais chez les producteurs de sorgho *au sein* des ménages maliens de la Savane soudanienne. Cette région a le plus grand potentiel agricole du Mali (Dicko et al. 2017). Nous utilisons les données sur les nutriments du sol mesurées par analyse en laboratoire d'échantillons prélevés sur les parcelles gérées par les membres de l'exploitation.

Les céréales pluviales de la Savane soudanienne sont typiquement produites par les membres de la famille élargie dont les liens de parenté avec le chef d'exploitation sont verticaux (à savoir les fils célibataires, les fils mariés et leurs familles) ou horizontaux (à savoir, les frères, les différentes épouses). Le chef d'exploitation guide l'organisation de la production sur les grandes parcelles cultivées collectivement afin de satisfaire les besoins en aliments de base de la famille élargie. En tant que dépositaire des droits familiaux d'utilisation des terres, il alloue également des parcelles individuelles aux membres du ménage qui les cultivent individuellement afin de satisfaire leurs besoins. S'il n'est pas en mesure de superviser toute les activités de production sur les parcelles communes, il désigne un chef des travaux.

Dans ce système patrilinéaire, une grande portion des terres individuelles sont gérées par les fils ou frères du chef d'exploitation bien que les femmes acquièrent des droits d'usage par les liens du mariage, selon les normes sociales en vigueur. Traditionnellement, les épouses cultivent les légumineuses qu'elles préparent dans les sauces pour accompagner le féculent qui sert d'aliment de base de la famille. Elles utilisent souvent les recettes de vente de leurs récoltes tirées de leurs parcelles individuelles pour se procurer des aliments supplémentaires, payer les frais médicaux ou scolaires de leurs enfants, pour acheter des vêtements, offrir des cadeaux ou contribuer aux cérémonies et festivités. Les études de cas, menées dans la Savane soudanienne, suggèrent que les femmes cultivent de plus en plus des céréales sur ces parcelles, en sus des légumes, comme nourriture complémentaire destiné à satisfaire leurs besoins alimentaires et garantir, en définitive, leur sécurité alimentaire (Van den Broek 2009; Donovan 2010).

Donner un élan à la productivité des céréales à travers un meilleur accès aux engrais est la priorité de la politique agricole malienne (Theriault et al. 2015), mais les engrais sont largement fournis à travers les programmes gouvernementaux plutôt que par le biais des marchés commerciaux, encore sous-développés. En sa qualité de représentant officiel du ménage, le chef d'exploitation est également le premier point d'entrée des engrais obtenus des coopératives enregistrées ou des programmes formels. Dans les efforts d'allocation optimale de ressources dans ce système agricole à faible productivité, les terres, la main d'œuvre et les autres intrants comme les engrais font l'objet de négociations familiales. Pour décrire le processus de prise de décision dans ce cas de figure, les chercheurs ont proposé des modèles collectifs (y compris les modèles coopératifs) et non coopératifs qui mettent l'accent sur les processus de négociation chez les membres du ménage plutôt que sur la fonction de bien-être (par exemple, Manser et Brown 1980; Chiappori 1992; Haddad et al. 1994; Smith et Chavas 1997).

On compte parmi les résultats directs de la négociation intra-ménage l'allocation d'intrants modernes tels que les engrais mais les modèles intra-ménages sont largement absents de la littérature économique sur l'adoption des engrais en Afrique. Dans un article séminal, Udry (1996) a testé un modèle coopératif de prise de décision au Burkina Faso où il a trouvé des rendements plus

élevés sur les parcelles gérées par les hommes par rapport à celles gérées par les femmes ce qui s'explique par le fait que « tous les engrais sont pratiquement concentrés sur les parcelles contrôlées par les hommes » (1996: 1028). En analysant les données collectées au début des années 80, il faisait référence à l'utilisation du fumier plutôt que des engrais chimiques et s'est principalement focalisé sur les comparaisons entre les hommes et les femmes sans pouvoir contrôler pour le fait que les parcelles gérées par les hommes étaient communes ou individuelles. Plus récemment, Kazianga et Wahhaj (2013) ont appliqué aux données collectées au Burkina Faso un modèle semblable à celui d'Udry (1996), tirant comme conclusion que l'intensité de main d'œuvre et la productivité étaient plus élevées sur les parcelles communes que sur celles individuelles et ayant les mêmes caractéristiques. En revanche, Guirkinger et al. (2015) ont trouvé une productivité plus élevée sur les parcelles individuelles que sur celles communes lorsqu'ils ont testé un modèle comparable avec des données collectées au Mali. Ils imputent leur résultat aux problèmes liés à l'intensité de la main d'œuvre.

Dans son analyse critique des premiers travaux économiques sur les différences entre les hommes et les femmes dans la productivité agricole, Quisumbing (1996) a conclu que les rendements plus faibles sur les parcelles gérées par les femmes provenaient des quantités plus faibles d'intrants et de ressources plutôt que des différences intrinsèques. Récemment, en estimant une fonction de profit limité pour tester l'efficacité relative des hommes et femmes producteurs de maïs dans l'Ouest du Kenya, Alene et al. (2008) n'ont trouvé aucune indication de différences entre les hommes et les femmes dans l'efficacité soit au niveau technique soit au niveau de l'allocation. Au Ghana, Goldstein et Udry (2008) ont trouvé que les femmes obtenaient des rendements et des profits plus faibles sur leurs parcelles de manioc/maïs que leurs époux, bien que ce résultat s'expliquait par leurs droits fonciers limités.

Ici, nous contribuons à la littérature sur le genre et l'adoption en testant l'efficacité intra-ménage de l'utilisation d'engrais, en nous appuyant particulièrement sur les travaux d'Udry (1996), Kazianga et Wahhaj (2013) et de Guirkinger et al. (2015). Nous invoquons le modèle économétrique standard appliqué par ces auteurs sur les engrais chimiques, en mettant en exerce les différences selon le sexe du gérant de la parcelle et son lien de parenté avec le chef d'exploitation. En outre, nous appliquons un cadre d'estimation de la réponse de rendement pour tester les différences dans les produits marginaux pour les engrais appliqués sur les parcelles gérées par les hommes et celles gérées par les femmes. Par rapport aux travaux de recherche réalisés par ces auteurs, nous sommes en mesure de contrôler pour les éléments nutritifs du sol mesurés par les analyses en laboratoire réalisées sur les échantillons de sol ou pour la variation non observée. « La variation non observée des caractéristiques de la parcelle » pourrait expliquer l'allocation apparemment inefficace des ressources (Udry 1996: 1029).

Comprendre les modèles d'adoption, les différences d'efficacité et de productivité au sein des exploitations et d'une exploitation à une autre peut contribuer à une bonne conception de programmes destinés à améliorer la productivité et appuyer l'avenir de l'agriculture malienne. Bien que les conclusions soient particulièrement pertinentes pour le processus d'intensification agricole dans le Sahel de l'Afrique de l'Ouest, elles complètent également les analyses des questions du genre dans l'adoption de technologies récemment menées dans d'autres régions du continent africain (par ex Theriault, Smale, et Haider 2017; Ndiritu et al. 2014; Lambrecht, Vanlauwe et Merckx 2014).

2. Méthodes

2.1. Stratégie d'estimation

Notre perspective sous-jacente est celle d'une exploitation agricole familiale qui maximise l'utilité par rapport aux loisirs et à la consommation de biens produits dans l'exploitation et achetés. La production agricole se fait sur plusieurs parcelles gérées par plusieurs membres de la famille. Toute la production dépend, pratiquement, de la main d'œuvre familiale et il n'y a pas de marché de terres perceptible (comme l'ont confirmé nos données). Le décideur le plus âgé (le chef d'exploitation ou le chef des travaux désigné) est habilité à distribuer les terres mises en commun ainsi que les engrais entre les parcelles selon le statut familial des membres et la culture. Les membres de la famille peuvent négocier mais les normes sociales encouragent certains principes d'allocation des terres y compris, par exemple, les droits d'accès de tous les descendants du chef d'exploitation jouissant d'une capacité physique ainsi que ceux au-delà d'un certain âge et leurs épouses. Pour une seule saison, nous considérons la distribution des terres comme étant prédéterminée lorsque les décisions liées à l'application d'engrais sont prises (Guirkinger and Platteau, 2014 ; interviews menées par les auteurs). A priori, nous en savons très peu sur le mode de décision concernant l'allocation des engrais bien que nous ayons de bonnes raisons de croire, sur la base des travaux de recherche antérieurs réalisés dans la zone (Udry 1996 ; Kazianga et Wahhaj 2014 ; Guirkinger et Platteau 2014), que c'est le résultat d'un processus de négociation des ménages au sein desquels le bien-être des membres individuels et celui de la famille dans son ensemble sont imbriqués.

L'hypothèse nulle que nous testons dans ce document est que les engrais sont alloués efficacement entre les membres du ménage en tenant compte du sexe du gérant de la parcelle et de son lien de parenté avec le chef d'exploitation. L'efficacité de l'allocation intra-ménage est une condition nécessaire de l'optimum de Pareto. En accord avec Udry (1996), et les travaux subséquents réalisés par Kazianga et Wahhaj (2013) et Guirkinger et al. (2015), nous commençons par tester un modèle qui contrôle, d'une part, pour les effets fixes de la culture sur l'exploitation pour une année et, d'autre part, pour les caractéristiques de la parcelle.

L'approche d'Udry (1996) nous permet de ne limiter l'attention que sur la variation de l'intensité des engrais appliqués par les membres du même ménage. Si nous comparons avec la période durant laquelle il a réalisé son analyse, bien que les marchés de terres et de main d'œuvre restent pratiquement inexistant dans la zone de notre étude, les marchés d'engrais sont, quant à eux, à l'étape embryonnaire. Cependant, son approche contrôle également pour les transactions spécifiques à la culture, effectuées par le ménage pour l'acquisition d'engrais.

En suivant Udry (1996), nous spécifions le modèle empirique comme suit :

$$Z_{icj}^* = \mathbf{X}_{icj}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{G}_{icj}\boldsymbol{\gamma} + \lambda_{cj} + \varepsilon_{icj}, \quad (1)$$

Où Z_{icj}^* est la quantité observée d'engrais appliquée par hectare sur la parcelle où la culture c est cultivée par un ménage j pendant l'année d'enquête. Le vecteur \mathbf{X} comprend les caractéristiques de la parcelle. λ_{cj} sont les effets fixes de la culture sur l'exploitation. Nous n'avons qu'une seule année de données d'enquête bien que cela ne s'écarte pas de notre stratégie d'identification vu que le modèle d'Udry tient également compte de la variation entre les parcelles et les ménages une année à la fois. \mathbf{G} , dans notre cas, désigne non seulement le sexe du gérant de la parcelle mais aussi son lien de parenté avec le chef d'exploitation. Si les éléments de $\boldsymbol{\gamma}$, le vecteur des coefficients des variables binaires dans \mathbf{G} , ne sont pas statistiquement différents de zéro, et toutes choses étant égales par ailleurs, nous n'arrivons pas à rejeter l'hypothèse nulle de l'optimum de Pareto au niveau de l'allocation des engrais.

Le modèle d'Udry (1996), qui est la base des trois études sur lesquels repose notre analyse, postule que n'importe quel membre du ménage a accès à la même technologie pour cultiver une plante donnée. En contrôlant pour les effets fixes de la culture sur l'exploitation pour une année et pour les caractéristiques de la parcelle, il a pris en compte les facteurs qui pourraient générer des différences de productivité marginale d'une parcelle à une autre. Dans chacune des trois études, les données ont permis aux chercheurs de contrôler pour les caractéristiques du sol liés à la position géographique de la parcelle dans la toposéquence (plateau, plaine, pente) et le type de sol reconnu par les paysans.

Ici, nous sommes en mesure de tenir compte non seulement de la position géographique de la parcelle dans la toposéquence (plateau, plaine, pente) mais également des éléments nutritifs du sol (matière organique, azote, phosphore, potassium, sable, teneur en limon et argile) testés en laboratoire avec des échantillons de sable prélevés des parcelles. Ce type de caractéristiques de sols peu fréquemment mesurées et non observées ou « la qualité du sol » sont souvent invoquées comme raisons justifiant l'allocation apparemment « inefficace » (inégalement) d'intrants. Nous comparons les résultats des régressions en nous appuyant sur l'estimation du modèle avec ces caractéristiques des sols et les types de sols reconnus par les paysans.

En outre, dans cette analyse, nous estimons également les fonctions de réponse de rendement au niveau des parcelles gérées par les hommes et les femmes afin de comparer les produits marginaux pour l'azote. Toutes les parcelles gérées par les hommes sont communes alors que celles gérées par les femmes sont individuelles. Puisque les femmes ne cultivent que du sorgho dans notre échantillon, nous limitons ces modèles aux parcelles de sorgho. Les différences majeures dans l'ordre de grandeur du coefficient de nutriment comme l'azote en kilogramme par hectare suggèreraient des différences de productivité marginale basées sur le sexe du gérant de la parcelle. Pour estimer les fonctions de réponse de rendements, nous ajoutons un vecteur d'autres intrants agricoles Y au modèle (1), intégrons les caractéristiques mesurées des sols et fragmentons l'échantillon en parcelles gérées par les hommes et les femmes. Les tailles des sous-échantillons ne sont pas assez grandes pour estimer des régressions séparées, avec confiance en fonction du lien de parenté avec le chef d'exploitation. Les fonctions d'incidence sur les rendements sont estimées à partir de moindres carrés ordinaires et d'erreurs-types robustes (regroupés par ménage).

2.2. Données

Avant l'échantillonnage, un recensement de base de tous les ménages producteurs de sorgho a été mené dans 58 villages de la Savane soudanienne au niveau de l'isoète 800 mm. Les villages recensés comprenaient tous ceux qui étaient indiqués comme sites où le programme national de recherche (Institut d'Economie Rurale-IER) et l'Institut de Recherche sur les Cultures Semi-arides (ICRISAT) mènent, depuis 2009, des activités d'expérimentation à travers un réseau d'associations de producteurs. Nos conclusions sont donc représentatives des zones où le programme national de recherche est au moins engagé en quelque sorte. Seuls les villages de moins de 1000 habitants ont été pris en compte. L'enquête a été menée en quatre passages, entre août 2014 et juin 2015, en utilisant une combinaison de questionnaires en papier et d'entretiens assistés par ordinateur menés par une équipe d'enquêteurs expérimentés.

L'Entreprise Agricole Familiale (EAF) est l'unité d'enquête du recensement de base et généralement au Mali. Selon la Loi d'Orientation Agricole, l'EAF est une unité de production constituée d'un ou de plusieurs membres unis par des liens de parenté et exploitant en commun les facteurs de production en vue de générer des ressources, sous la direction d'un des membres, désigné chef d'exploitation qui est généralement un homme. Le chef d'exploitation assure la maîtrise d'œuvre et veille à l'exploitation optimale des facteurs de production et représente l'exploitation dans tous les actes de la vie civile, y compris au niveau des programmes gouvernementaux.

Comme expliqué plus haut, les parcelles communes appartenant à l'ensemble de l'EAF sont gérées par le chef d'exploitation ou le chef des travaux désigné au nom de l'EAF. Les parcelles individuelles appartiennent à l'EAF mais sont emblavées et gérées par les membres individuels, hommes comme femmes pour leur propre compte. A chaque saison agricole, le chef d'exploitation distribue des parcelles individuelles selon les besoins de la famille.

Un échantillon d'EAF provient d'un tirage aléatoire simple de tous les ménages producteurs de sorgho dans les 58 villages. Cet échantillon a été majoré de 5% pour tenir compte des non-réponses potentielles, d'où un nombre total de 623 EAF et une fraction d'échantillonnage totale de 25%. Les enquêteurs ont interviewé les chefs d'exploitation afin de relever toutes les parcelles cultivées par chaque EAF incluse dans l'échantillon, sélectionnant les parcelles de sorgho et de maïs et les regroupant par type de gestion de parcelle (gérée collectivement ou individuellement par des hommes et femmes qui ne sont pas chefs d'exploitation). Les questions portant sur les caractéristiques de l'exploitation ont également été posées au chef d'exploitation.

Une parcelle a été tirée de façon aléatoire dans chaque groupe (deux plantes par trois types de gestion) par EAF. Le nombre de parcelles par ménage dans la base de données dépend du type de parcelles relevées dans chaque EAF. L'inventaire complet des parcelles (4617 parcelles) a montré que le sorgho et le maïs représentaient 75% de l'ensemble de toutes les parcelles de céréales sauf pour le mil qui ne recevait pas d'engrais et quelques parcelles de riz et de fonio.

L'inventaire a également montré que 15% des parcelles figurant sur la liste étaient gérées par des hommes qui n'étaient pas chefs de ménage et que la plupart d'entre eux étaient désignés chefs de travaux, jouissant du même statut que le chef d'exploitation ou gérant des parcelles emblavées en d'autres plantes telles que le coton ou l'arachide. Dans notre échantillon de recensement de chaque EAF, nous n'avons identifié que 16 entrées utilisables sur les parcelles individuelles gérées par d'autres hommes membres de l'exploitation qui cultivaient le sorgho ou le maïs. Les femmes géraient 205 parcelles de sorgho individuelles dans notre échantillon mais aucune des parcelles de maïs individuelles (sur l'ensemble du stock de parcelles, elles ne géraient que 5 sur 753).

L'échantillon analytique total que nous utilisons ici est celui de 1106 parcelles dont 674 parcelles de sorgho et 432 parcelles de maïs. Nous intégrons toutes les parcelles communes gérées par les hommes et toutes les parcelles individuelles gérées par les femmes, mais pour des raisons statistiques, nous avons exclu les quelques parcelles individuelles gérées par les hommes et les observations contenant des aberrations dans les variables principales. Les gérants de parcelles ont été interviewés sur l'utilisation des engrais et d'autres intrants et sur d'autres caractéristiques de la parcelle.

2.3. Variables

Les définitions des variables dépendantes et explicatives sont indiquées dans le Tableau 1. Pour faciliter l'interprétation, dans les statistiques descriptives, les engrais sont mesurés en termes de kg total d'engrais appliqué par ha ainsi que le kg total d'azote (N) par ha. Dans les modèles de régression, l'utilisation d'engrais Z_{icj}^* est mesurée comme le kg total d'azote (N) par ha. Le rendement est mesuré par les quantités récoltées dont se rappelle le paysan, converties en kg et divisées par la superficie de la parcelle mesurée par les unités GPS.

Dans le modèle de type Udry, les caractéristiques de la parcelle (vecteur \mathbf{X}) comprend la taille de la parcelle (mesurée par GPS), une variable binaire qui marque la présence d'une légumineuse associée à la culture et des variables binaires pour la situation géographique de la parcelle dans la toposéquence (plateau, plaine et pente comme la catégorie omise). Les catégories de sols reconnus par les paysans ou observés comprennent les sols sableux, limoneux et argileux, à l'exception des sols gravillonneux. Ces catégories de sol sont également reconnues par les services de vulgarisation

bien qu'une seule parcelle puisse contenir une combinaison ou un gradient de catégories. G est le vecteur de variables binaires qui fait référence a) au sexe du gérant de la parcelle et b) à son lien de parenté avec le chef d'exploitation. Les autres catégories de gérant de parcelle comprennent les belles-filles et les fils du chef d'exploitation (la catégorie omise comprend les frères).

Dans la fonction de réponse de rendement, nous estimons les régressions séparées pour tester les différences au niveau des produits marginaux pour l'azote selon le sexe. Aux covariables notées plus haut, nous ajoutons les intrants de production conventionnels. Elles sont constituées des jours de main d'œuvre adulte par ha et les heures d'équipement par ha.

Dans les deux approches, nous intégrons les indicateurs sur les nutriments du sol mesurés par les analyses en laboratoire réalisées sur les échantillons de sol par l'Institut d'Economie Rurale, à Sotuba, Mali. Les échantillons de sol étaient obtenus en appliquant un protocole standard de 8 sous-échantillons par parcelle prélevés en zigzag (précisions disponibles sur demande). Nous intégrons le pourcentage de la teneur en matière organique (C), sable, limon et argile du sol, en azote (N), phosphore assimilable (P) et potassium (K). Les échantillons de sol ne pouvaient pas être collectés de toutes les parcelles en raison de contraintes budgétaires.

3. Résultats

3.1. Statistiques descriptives

Nous commençons par comparer les taux d'utilisation moyens d'engrais entre les parcelles gérées par les hommes et les femmes dans le Tableau 2. Les taux moyens d'application d'engrais, mesurés en termes de kg total par ha, diffèrent considérablement entre les deux groupes (88 kg par rapport à 38 kg par ha pour les hommes et les femmes). On obtient le même résultat lorsqu'ils sont mesurés en termes de teneur en nutriment N (22 kg contre 9 kg par ha, pour les hommes et les femmes). Cependant, le fait de contrôler pour la culture révèle que les taux d'application de N sont actuellement plus élevés sur les parcelles gérées par les femmes (9 kg contre 6 kg par ha). La grande différence totale, en faveur des parcelles gérées par les hommes, s'explique par les taux d'application sur le maïs. Les taux moyens des nutriments N appliqués aux parcelles de maïs, dont la totalité est gérée par les hommes, sont de 40 kg par ha qui est un ordre de grandeur différent de celui des taux appliqués au sorgho.

Le maïs, qui réagit mieux aux engrais, est également une plante associée au coton. Il y a suffisamment d'indications selon lesquelles le rapport institutionnel et technique du maïs au coton a contribué à une augmentation à la fois de la superficie emblavée en maïs et du niveau de productivité au détriment du sorgho, notamment. Du milieu des années 70 aux années 80, la compagnie nationale d'égrenage de coton, la CMDT (la Compagnie malienne pour le développement du textile), s'occupait de promouvoir la culture du maïs dans le but d'améliorer la sécurité alimentaire des ménages cotonniers (Theriault et Sterns, 2012). Elle continue toujours d'allouer une partie de son budget aux engrais fournis aux paysans (plus de 90% dans la zone cotonnière), boostant ainsi la production de maïs (Tefft 2010). Koulibaly et al. (2011) rapportent que la CMDT a récemment commencé à fournir des prêts pour l'achat d'intrants comme les engrais et les herbicides destinés aux maïs comme stratégie de diversification et pour prévenir la baisse continue des rendements de coton. Avec la chute des prix de coton, les paysans ont décidé de réaffecter au maïs les engrais destinés au coton, engendrant une intensification du maïs et d'importants gains de rendements. (Laris et al. 2015; Foltz et al. 2012).

L'allocation d'engrais aux parcelles de sorgho et de maïs, gérées par les membres de l'exploitation, est indiquée dans le Tableau 3. Une fois de plus, en examinant le premier ensemble de colonnes qui représentent l'utilisation d'engrais sur l'ensemble des parcelles combinées, les taux d'application

par ha semblent remarquablement plus élevés sur les parcelles gérées par le chef d'exploitation, son frère ou son fils, par rapport à celles gérées par la première ou la deuxième épouse ou les belles-filles. En effet, en contrôlant pour la culture, les taux d'utilisation sont les plus faibles chez les fils qui gèrent soit les parcelles de sorgho soit les parcelles de maïs (ensemble de colonnes situées au milieu et à droite) et les plus élevées chez les épouses du chef d'exploitation.

Comme nous l'expliquons plus haut, comparativement à Udry (1996) et Kazianga et Wahhaj (2013), nous sommes en mesure de contrôler non seulement pour les caractéristiques observables des sols mais également pour celles non observables. Les caractéristiques non observables pourraient être une source d'endogénéité dans l'utilisation d'engrais et expliquer également les inefficacités apparentes de l'utilisation de ressources une fois qu'on a contrôlé pour le ménage, la culture et la saison d'enquête. Le Tableau 4 présente les statistiques sommaires sur les types de sol reconnus par les paysans et testés par type de gestion de parcelle.

En général, les différences apparentes des types de sol reconnus par les paysans ne correspondent pas à celles des résultats obtenus avec les tests de sol. Selon les paysans, pour ce qui est du type de sol, les parcelles gérées par les hommes membres de la famille ont bien plus de chances d'être argileux (31% par rapport à 12%) et les sols argileux sont considérés comme les plus fertiles. Les parcelles gérées par les femmes ont plus de chances d'être limoneuses et particulièrement plus sablonneuses (48% par rapport à 36%). En tenant compte des types de sols reconnus par les paysans, il n'y a pas de différence dans les probabilités de parcelles gravillonneuses entre celles gérées par les hommes et les femmes. Les sols gravillonneux sont les moins productifs.

En observant d'abord ces indicateurs dans les résultats des tests des sols, nous relevons des pourcentages moyens significativement plus élevés d'argile sur les parcelles gérées par les femmes que sur celles gérées par les hommes. La teneur en limon est statistiquement plus élevée sur les parcelles gérées par les femmes bien que l'ordre de grandeur de la différence soit très limitée (approximativement de 2 points). Contrairement aux perceptions, la teneur en sable semble significativement plus faible sur les parcelles gérées par les femmes que sur celles gérées par les hommes. Les différences entre la catégorisation des sols des parcelles par les paysans et le calcul de ces mêmes éléments pourraient refléter soit des erreurs de calcul soit des perceptions erronées.

La différence au niveau de la moyenne C est faiblement significative (10%) mais pas vraiment notable en termes de taille et il n'y a aucune différence statistiquement significative au niveau de la teneur moyenne en N, P ou K. Tous ces trois éléments reflètent à la fois la teneur sous-jacente en nutriments et les quantités appliquées étant donné qu'ils ont été mesurés sur des échantillons prélevés pendant la saison d'enquête. Le fait qu'ils ne soient pas significativement différents au niveau de la moyenne, suggère provisoirement que les gérants de parcelles ont une bonne idée de la teneur en nutriments et appliquent les engrais en les adaptant selon des modes qui ne diffèrent pas selon le sexe.

Les statistiques descriptives indiquées ici ne fournissent aucune indication selon laquelle les parcelles gérées par les femmes sont moins fertiles que celles gérées par les hommes. Les données sous-jacentes montrent également que celles gérées par les femmes membres de l'exploitation sont de très petites tailles, en moyenne 0,85 ha par rapport à 1,59 ha pour celles des hommes membres de l'exploitation de notre échantillon d'analyse. Elles sont également situées loin des propriétés familiales (une moyenne de 22 minutes par rapport à 15), suggérant que leurs champs sont défrichés plus tard et pourraient ne pas être emblavés continuellement pendant la même durée que les parcelles communes de la famille élargie. Les légumineuses servent de cultures associées dans près de 70% des parcelles gérées par les femmes, alors que chez les hommes gérants de parcelles communes, aucun n'a signalé associer d'autres cultures au maïs ou au sorgho.

3.2. Résultats économétriques

Dans cette section, nous présentons d'abord les résultats du modèle du type d'Udry pour tester l'hypothèse nulle selon laquelle les engrais sont alloués de manière efficace dans les ménages (Tableaux 5, 6). Les effets fixes de la culture sur le ménage ne sont pas rapportés. Deuxièmement, nous montrons les fonctions de réponse de rendement estimées séparément selon le sexe du gérant de la parcelle (Tableau 7). Dans la première approche, nous comparons les résultats obtenus lorsque nous contrôlons pour les types de sol reconnus par les paysans, comme l'ont fait Udry (1996), Kazianga et Wahhaj et Guirkinger et al. (2015). Dans le cadre d'estimation de la réponse de rendement, nous utilisons plutôt les informations provenant des analyses des sols réalisés sur les échantillons prélevés des parcelles.

Le résultat le plus saillant qui ressort du Tableau 5 est que le fait de contrôler ou non pour la qualité observée ou non observée des sols change l'importance du différentiel de genre. Ceci se vérifie lorsque nous contrôlons pour les caractéristiques et les effets fixes de la culture sur le ménage pour une seule année de données, en nous focalisant sur la variation par type de gestion de la parcelle. Le différentiel de genre est significatif lorsque nous intégrons la qualité du sol observée et non significatif lorsque nous intégrons la qualité du sol mesurée et non observée. De même, les différentiels concernant les premières et deuxièmes épouses, ainsi que les belles-filles, semblent significatifs lorsque nous contrôlons pour la qualité des sols avec les catégories reconnues par les paysans mais seul le différentiel concernant la deuxième épouse semble significatif dans la régression qui tient compte de la qualité mesurée en laboratoire. Ainsi, dans le modèle de type Udry, comme estimé dans les travaux de recherche antérieurs, nous rejetons l'hypothèse nulle selon laquelle l'allocation d'engrais dans les ménages est efficace alors que nous n'avons pas pu la rejeter dans le même modèle lorsque nous contrôlons pour la qualité du sol non observée. Udry a proposé cette possibilité dans son article de 1996.

Les résultats présentés dans le Tableau 6 indiquent que la production de céréales par ha est considérablement plus faible sur les parcelles gérées par les femmes que sur celles gérées par les hommes et cela que nous tenons compte ou non des indicateurs observés ou non observés de la qualité du sol. Dans la troisième colonne de résultats, nous voyons que le différentiel de rendements est visible pour chaque catégorie de gérante de parcelle (première épouse, deuxième épouse, belle-fille) selon l'ordre de grandeur croissant. Dans la quatrième colonne, où nous contrôlons pour la qualité non observée du sol, les différentiels de genre sont robustes pour les épouses du chef d'exploitation bien qu'ils soient considérablement plus faibles en termes d'ordre de grandeur. Comme dans le Tableau 5, où nous explorons l'intensité de l'utilisation d'engrais, il n'y a aucun coefficient significatif au niveau des variables binaires pour le fils du chef d'exploitation par rapport à son frère, dans n'importe laquelle des régressions.

Des rendements plus faibles sur les parcelles gérées par les épouses des chefs d'exploitation correspondent aux résultats obtenus par Udry (1996) au Burkina Faso qu'il a attribués à une utilisation concentrée des engrais (principalement du fumier) sur les parcelles gérées par les hommes membres de l'exploitation. Comme indiqué dans le Tableau 2 et 3, nous observons cette concentration uniquement sur les parcelles de maïs et, dans notre échantillon, toutes les femmes gérantes de parcelle ont cultivé du sorgho sur leurs champs individuels. Nous attribuons les rendements plus faibles aux autres facteurs. Premièrement, les calculs des superficies par GPS ont tendance à générer des erreurs sur les parcelles de très petite taille comme celles gérées par les femmes dans notre échantillon d'analyse mais pas sur les parcelles gérées par les hommes qui sont toutes communes et « grandes » (le terme souvent utilisé est « grands champs »). Deuxièmement, nous notons que l'agriculture intercalaire est beaucoup pratiquée sur les parcelles de sorgho gérées par les femmes d'où des erreurs de calcul dans la conception car le dénominateur de la variable de rendement est surestimé par rapport à la superficie réelle de la culture principale. Le coefficient négatif de cette variable du Tableau 6 soutient cette notion. L'importance d'associer l'arachide

comme légumineuse, pourrait entraîner les taux plus élevés d'utilisation d'azote par ha que nous observons dans l'effet positif significatif du Tableau 5, dans la quatrième colonne qui présente les résultats. L'arachide est une culture de rente qui rapporte beaucoup. Malheureusement, nos données ne nous ont pas permis de corriger ce type d'erreur de calcul car nous n'avons ni les estimations du pourcentage de la parcelle sur laquelle la culture est associée à d'autres plantes ni le rendement de la culture secondaire.

Néanmoins, le différentiel de genre en termes de productivité persiste lorsque nous contrôlons pour la présence ou non d'autres cultures associées sur la parcelle. Abstraction faite de l'erreur de calcul, les études de cas de la région ont également suggéré que des intrants qui ne peuvent pas être partagés, tel que l'équipement agricole, sont alloués d'abord aux parcelles communes (Some 2011). Il convient de noter que les femmes membres de la famille répartissent leur main d'œuvre entre les travaux ménagers essentiels et les activités agricoles et ont de fortes chances d'être confrontées à des contraintes de main d'œuvre.

En examinant d'autres covariables intéressants de l'équation de productivité, le signe négatif de la variable binaire de la culture associée confirme le problème de mesure. La production sur les parcelles plus grandes est généralement plus difficile à gérer et ceci a un rapport avec les rendements plus faibles. P et K semblent entraver la production, étant donné qu'ils sont statistiquement très significatifs et leurs effets affichent un signe positif. Le « silence » des variables représentant, d'une part, l'emplacement dans la toposéquence et, d'autre part, les types de sol reconnus par les paysans, n'est pas surprenant dans le modèle du type Udry. Udry (1996) a noté la « forte corrélation entre l'emplacement et le type de sol de la parcelle et la plante cultivée sur la parcelle » pour qu'une bonne partie de l'effet de ces caractéristiques puisse être reflétée par l'effet fixe de la culture sur le ménage (p1025).

En outre, au Burkina Faso, Kazianga et Wahhaj (2103) ont obtenu un effet considérable, positif et statistiquement significatif de la variable binaire du chef d'exploitation sur le rendement de la parcelle mais aucun effet significatif de la variable binaire du statut de jeune homme par rapport au statut de femme. Au Mali, Guirkinger et al. (2015) ont trouvé que les membres de l'exploitation obtenaient des rendements plus élevés que ceux des chefs d'exploitation sur les parcelles individuelles accueillant les « cultures exigeantes » (y compris le maïs ou les cultures de rente).

Dans le Tableau 6, nous présentons le coefficient de fonctions de réponse de rendement estimées séparément pour les hommes et les femmes gérants de parcelles. Les tailles des échantillons sont trop petites pour estimer les régressions avec confiance selon chaque type de lien de parenté avec le chef d'exploitation et celles-ci ne sont pas rapportées ici. Cependant, pour ce qui est du paramètre le plus intéressant, à savoir le produit marginal physique pour l'engrais, ces tailles sont conformes au Tableau 6 et sont disponibles sur demande.

Le Tableau 6 montre le produit marginal pour l'engrais, mesuré comme le changement en rendement de céréales par hectare pour un kilogramme supplémentaire de nutriment N par hectare, par gérant de parcelle, en tenant compte de la teneur en nutriment du sol testée en laboratoire (C, N, P, K, sable, limon, argile), des autres intrants de production (main d'œuvre, équipement), l'association de cultures et la taille de la parcelle. La variable binaire représentant la présence de légumineuse utilisée comme culture associée est exclue de la régression pour les hommes gérants de parcelle puisqu'aucun d'eux n'a signalé cette pratique. Les tailles des sous-échantillons sont relativement petites lorsque la culture est limitée au sorgho et cela lorsqu'on prend en compte les parcelles sur lesquelles des échantillons de sable ont été prélevés, contribuant ainsi à de erreurs-types importants.

Le produit marginal de nutriments N estimé sur les parcelles est statistiquement non significatif dans les deux régressions bien que l'ordre de grandeur soit plus grand sur les parcelles gérées par les femmes. Les deux coefficients se situent dans le même intervalle de confiance compte tenu du

grand nombre d'erreurs types. Ainsi, malgré les différences d'ordre de grandeur du coefficient, nous ne pouvons pas rejeter l'hypothèse selon laquelle le produit marginal de N est le même sur les parcelles de sorgho gérées par les hommes et les femmes membres de l'exploitation.

Les rendements de sorgho sur les parcelles gérées par les hommes ont baissé de 275 kg/ha lorsque les légumineuses y sont associées, reflétant les difficultés de mesure. Le produit marginal de la main d'œuvre est environ deux fois plus élevé sur les parcelles gérées par les femmes membres de l'exploitation et ce coefficient est significatif à 10% malgré le fait que les tailles des sous-échantillons soient petites, suggérant, comme noté plus haut, que la main d'œuvre est une contrainte majeure dans l'un ou l'autre cas mais, notamment pour les femmes gérantes de parcelle. L'utilisation d'équipement qui améliore la productivité n'est significative que dans la régression des parcelles gérées par les hommes membres de l'exploitation. La taille de parcelle plus grande contribue positivement et de façon non significative aux rendements obtenus sur les parcelles gérées par les femmes mais a un impact négatif et significatif sur les rendements obtenus sur les parcelles gérées par les hommes.

Concernant les nutriments du sol, l'effet de N sur la productivité est négatif mais pas significatif sur les parcelles gérées par les hommes ou par les femmes, sans doute parce qu'il rivalise avec l'application de nutriment N pendant la saison agricole et compensé par celle-ci. Le signe de C est négatif et son ordre de grandeur est large sur les parcelles gérées par les hommes. La teneur en argile a l'effet positif le plus important sur les rendements de sorgho par rapport à la teneur en limon et en sable. Bien que le nutriment P (phosphore) soit souvent combiné au nutriment N (dans la formule NPK), l'effet positif et significatif de P suggère que son déficit compromet les rendements.

4. Conclusions

Les rendements stagnants des céréales des zones arides du Mali sont souvent attribués à l'utilisation limitée d'engrais sur des sols âgés et dégradés. Au Mali comme dans d'autres zones du Sahel en Afrique de l'ouest, les céréales produites dans les zones arides sont typiquement cultivées dans des champs gérés par des membres de la famille élargie dont le chef est un patriarche. Celui-ci ou son représentant gère les parcelles larges exploitées collectivement dans le principal but de satisfaire les besoins en aliments de base ; il alloue également les parcelles individuelles aux membres de l'exploitation comme incitatif pour ces derniers de fournir de la main d'œuvre au groupe et comme moyen pour eux de satisfaire leurs besoins personnels. Les années récentes, les chercheurs ont examiné la production par les femmes du sorgho très souvent associé aux légumineuses sur leurs parcelles, ce qui constitue un changement dans les normes historiques, souvent décrit comme un moyen de garantir la sécurité alimentaire.

Compte tenu du déclin de la qualité des terres et de la croissance démographique au Mali, les rôles des femmes et des autres membres de l'exploitation qui sont en évolution, ont des implications pour l'adoption d'intrants modernes tels que les engrais. Cependant, la littérature économique énorme sur l'adoption d'innovations agricoles dans l'agriculture en développement tient rarement compte des dimensions intra-ménages ou du statut au sein de l'exploitation de la personne en charge de la gestion des parcelles dans les ménages hiérarchiques comme ceux-ci. De même, bien que l'utilisation d'engrais soit un résultat de la négociation intra-ménage, ni la littérature économique sur celle-ci ni les études antérieures sur l'efficacité de l'utilisation des ressources par les ménages de cette région n'ont directement abordé l'intensité de l'utilisation d'engrais par les différents membres, hormis l'article séminale d'Udry (1996) dont les données n'ont permis que l'analyse de l'utilisation du fumier.

Ici, nous avons commencé par tester si l'intensité de l'utilisation d'engrais diffère selon le sexe du gérant de la parcelle et son lien de parenté avec le chef d'exploitation. Nous avons ensuite testé l'efficacité de l'allocation des engrais pour usage sur les parcelles gérées par les hommes et femmes membres de l'exploitation (par sexe, ensuite par lien de parenté avec le chef de ménage) avec l'approche de modélisation élaborée par Udry (1996) et plus tard appliquée aux données collectées par Kazianga et Wahhaj (2013) au Burkina Faso et Guirkinger et al. (2015) au Mali. Le modèle d'Udry (1996) postule qu'en contrôlant, d'une part, pour les caractéristiques des parcelles et, d'autre part, pour les effets fixes de la culture sur le ménage pour une année, dans un contexte de prise de décision où tous les membres de l'exploitation ont accès à la même technologie de production, les produits marginaux sont ajustés de sorte qu'une différence au niveau des coefficients de la variable genre et génération suggère l'optimum de Pareto. Dans le présent article, nous avons également appliqué un cadre d'estimation de la réponse de rendement afin de tester les différences au niveau des produits marginaux d'engrais appliqués sur les parcelles gérées par les hommes et les femmes. Dans la première approche de modélisation, comme dans les travaux réalisés par les premiers auteurs, nous contrôlons pour les catégories de sols reconnus par les paysans et les substituons ensuite avec les caractéristiques de sol non observées. Dans les fonctions de mesure de rendement, nous contrôlons pour les nutriments du sol non observés mesurés par les analyses en laboratoire d'échantillons de sols.

En comparant les taux d'utilisation au niveau de la moyenne, les taux par ha en kg total sont bien plus élevés sur les parcelles gérées par les hommes (qui sont toutes communes) que sur celles gérées par les femmes (qui sont toutes individuelles). Cependant, lorsque nous examinons de plus près les parcelles de sorgho uniquement, les taux de teneur en azote appliqués sont plus élevés sur celles gérées par les femmes. Par conséquent, la culture explique largement le différentiel énorme au niveau de l'utilisation d'engrais entre les parcelles appartenant aux hommes et celles appartenant aux femmes. Aucune des femmes de notre échantillon ne gérait des parcelles de maïs, bien que cela ne soit pas le cas dans d'autres zones du Mali. L'histoire du maïs comme culture introduite dans le système de production du coton fait que nous nous attendons à ce que les parcelles de maïs appartenant aux femmes soient rares, malgré l'importance croissante du maïs comme culture alimentaire dans les champs. Les différences entre les taux d'utilisation pour le sorgho et le maïs sont une conséquence non seulement de sa réponse de rendement qui est plus élevée mais également de son statut de culture privilégiée en raison de son rapport avec le programme du coton.

Le résultat principal de ce document est que lorsque nous contrôlons pour la variation non observée de la qualité des sols, par rapport aux catégories de sols reconnus par les paysans, le modèle de type Udry montre très peu d'indications sur l'inefficacité de l'allocation d'intrants au sein de l'exploitation. Les auteurs qui appliquent le même modèle aux études antérieures menées dans la région (Kazianga and Wahhaj 2013 ; Guirkinger et al. 2015) n'ont pu tenir compte que des catégories de sols reconnus par les paysans. Cependant, en contrôlant pour les effets fixes sur le ménage, les caractéristiques de la parcelle et la variation non observée de la qualité de sol, les rendements restent plus faibles sur les parcelles gérées par les femmes dans notre analyse. Le différentiel persiste lorsque nous contrôlons pour les cultures associées qui contribuent à une sous-estimation des rendements de sorgho. Correspondant aux résultats sur l'utilisation d'engrais, les fonctions de réponse de rendement, estimées séparément pour les parcelles gérées par les hommes et femmes membres de l'exploitation, ne présentent aucune différence statistique au niveau des produits marginaux pour l'azote. Les limites de notre échantillon mettent en relief l'importance de tester l'hypothèse d'efficacité avec une taille d'échantillon plus grande, mais si cela se vérifie, le résultat concernant l'utilisation d'engrais diverge avec celui des travaux antérieurs.

Les résultats, combinés à d'autres caractéristiques de production, comme représentés dans nos données, suggèrent que des différences au niveau des stratégies de gestion de la production et de la fertilité des sols pourraient expliquer les différences dans la productivité. En moyenne, hormis la matière organique, nous ne trouvons aucune différence statistique notable au niveau des

caractéristiques testées des sols entre les parcelles gérées par les chefs d'exploitation et leurs épouses. Cependant, la distribution des catégories de sols reconnus par les paysans n'est pas la même pour les deux groupes et il y a plus de chances que les sols soient identifiés comme étant argileux et moins de chances qu'ils soient catégorisés comme sols sableux pour les parcelles gérées par les hommes, suggérant une meilleure fertilité. Au contraire, les échantillons de sol suggèrent une teneur en argile plus élevée et des pourcentages de sable plus faibles dans les parcelles gérées par les femmes. Les paysans gèrent leurs champs selon leurs perceptions. En outre, les parcelles appartenant aux femmes sont en moyenne petites et sur bon nombre d'entre elles l'arachide et le niébé y sont associés, étant qualifiés de « réserves de nourriture » pour la famille élargie au cas où les récoltes sur les champs communs sont insuffisantes.

Les erreurs de calcul GPS sur les petits champs gérés par les femmes pourraient également contribuer aux différentiels que nous observons. Il se pourrait qu'il en soit de même pour le différentiel de l'allocation d'autres ressources tels que les équipements et les contraintes de main d'œuvre ayant été confirmées comme étant plus nombreuses pour les femmes que pour les hommes dans les régressions de réponse de rendement.

En dépit de ces conclusions, une préoccupation majeure existe quant à l'impossibilité d'allouer l'engrais de façon participative au sein des ménages maliens car il continue d'être un intrant rare dont l'utilisation est largement administrée par les programmes. La façon dont les politiques et programmes agricoles sont conçus et mis en œuvre influence largement l'utilisation d'engrais. Compte tenu du fait que les engrais ne sont fournis par les programmes officiels qu'au chef de famille élargie et que toute la superficie emblavée en maïs est éligible mais pas toute la superficie emblavée en sorgho, le programme d'engrais actuel a tendance à négliger les femmes, les membres les plus jeunes de l'exploitation et les cultures alimentaires moins commercialisées (Thériault et al. 2015). Organisée comme tel, l'allocation d'engrais obtenus auprès des programmes dépend entièrement des négociations intra-ménages entre le chef d'exploitation et les autres membres de l'exploitation. Un autre domaine de recherche serait l'analyse explicite du processus intra-ménage de prise de décision concernant les engrais obtenus auprès des programmes gouvernementaux et ceux achetés sur le marché.

Les conclusions soulèvent des questions liées à la politique de sécurité alimentaire. Comprendre l'adoption et l'intensification de la production de cultures alimentaires au sein des exploitations et d'une exploitation à l'autre est important pour l'avenir de l'agriculture malien. Par quel mécanisme l'engagement des femmes et des jeunes membres de l'exploitation (fils, belles-filles) doit-il être renforcé dans le cadre de programmes existants destinés à améliorer la productivité et les revenus agricoles ? A court terme, améliorer l'engagement des femmes dans les programmes d'intrants pourrait être utile mais ces derniers ne sont pas en eux-mêmes des moyens viables d'améliorer l'utilisation totale d'engrais à long terme. Les politiques agricoles doivent donner la priorité à l'élimination des obstacles pour tous les producteurs, y compris les femmes. Les différentiels de genre constituent une préoccupation persistante en termes de politique, compte tenu de leurs coûts privés et sociaux.

Références

- Alene, A.D., Manyong, V.M., Omany, G.O., Mignouna, H.D., Bokanga, M., et Odhiambo, G.D. 2008. Economic efficiency and supply response of women as farm managers: comparative evidence from western Kenya. *World Development*, 36(7), 1247-1260.
- Ashour, M., L. Billings, D. Gilligan, J.B. Hoel, N. Karachiwalla. (2016). *Do Beliefs About Agricultural Inputs Counterfeiting Correspond with Actual Rates of Counterfeiting? Evidence from Uganda*. IFPRI Discussion Paper 01552, Août. Washington, DC: Institut International de Recherche sur les Politiques Alimentaires.
- Chiappori, P.-A. 1992. Commune Labor Supply and Welfare. *Journal of Political Economy* 100: 437-467.
- Dicko, M. M. Koné, L. Traoré, C. H. Diakité, N. Kamissoko, B. Sidibé, Z. Kouyaté, D. Sogodogo, L. Dioni, H. Konaré et A. Gakou. Optimizing Fertilizer Use within the Context of Integrated Soil Fertility Management in Mali. 2017. In: *Fertilizer Use Optimization in Sub-Saharan Africa*. C. S. Wortmann and K. Sones (eds). CAB International, Nairobi, Kenya, pp. 9–19.
- Donovan, M. 2010. Disseminating seeds of innovation and empowerment: Strategies for achieving a gender-sensitive participatory plant breeding program in Mali, West Africa. Masters Thesis. Etudes Professionnelles en Agriculture et Développement Rural International, Cornell University, Ithaca, New York.
- FAOSTAT.2015. Données de base.
<http://faostat.fao.org/Site/677/DesktopDefault.aspx?PageID=677#ancor>
- Foltz, J., U. Aldana, et P. Laris. 2012. *The Sahel's Silent Maize Revolution: Analyzing Maize Productivity in Mali at the Farm-Level*. NBER Working Paper 17801, Cambridge, MA.
<http://www.nber.org/papers/w17801>.
- Goldstein, M. et Udry, C. 2008. The profit of power: Land rights and agricultural investment in Ghana. *Journal of Political Economy*, 116(6), 981-1022.
- Guirkinger, C et J.-P. Platteau. 2014. The effects of land scarcity on farm structure: Empirical evidence from Mali. *Economic Development and Cultural Change* 62(2): 195-238.
- Guirkinger, C., J.-P. Platteau, et T. Goetghebuer. 2015. Productive inefficiency in extended agricultural households: Evidence from Mali. *Journal of Development Studies* 116 (2015): 17-27.
- Haddad, L., J. Hoddinott, et H. Alderman 1994. *Intrahousehold resource allocation: an overview*. Policy Research Working Paper 1255. Banque mondiale, Washington, DC.
- Kaizzi, K.C., Mohammed, M.B. et Nouri, M. 2017. Fertilizer Use Optimization: Principles and Approach. In: *Fertilizer Use Optimization in Sub-Saharan Africa*. Charles S. Wortmann et Keith Sones (eds). CAB International, Nairobi, Kenya, pp 9-19.
- Kihara, J. G. Nziguheba, S. Zingore, A. Coulibaly, A. Esilaba, V. Kabambe, S. Njoroge, C. Palm, et J. Huising. 2016. Understanding variability in crop response to fertilizer and amendments in sub-Saharan Africa. *Agriculture, Ecosystems, and Environment* 229: 1-12.
- Kazianga, H., et Wahhaj. 2013. Gender, social norms, and household production in Burkina Faso. *Economic Development and Cultural Change*, 61(3): 539-576.
- Koulibali, C., Sanders, J., Prekel, P., Baker, T., 2011. Cotton price policy and new cereal technology in the Malian Cotton Zone. Document sélectionné préparé comme présentation à la réunion annuelle de l'Association Américaine d'Agroéconomie, Pittsburgh, Pennsylvanie.
- Lambrecht, I., B. Vanlauwe, et R. Merckx. 2014. Understanding the process of agricultural technology adoption: mineral fertilizer in Eastern DR Congo. *World Development* 59:132-146.

- Laris, P., J.D. Foltz, et B. Voorhees. 2015. Taking from cotton to grow maize: The shifting practices of small-holder farmers in the cotton belt of Mali. *Agricultural Systems* 133 (2015) 1–13.
- Manser, M. et M. Brown 1980. Marriage and household decision-making: A bargaining analysis. *International Economic Review* 21(1): 31-44.
- Ndiritu, S. W., Kassie, M., et Shiferaw, B. 2014. Are there systematic gender differences in the adoption of sustainable agricultural intensification practices? Evidence from Kenya. *Food Policy*, 49: 117-127.
- Omonona, B. T , Liverpool-Tasie, L. S. O., Sanou, A. et Ogunleye, W. (2015). Understanding Fertilizer Profitability across Nigeria’s Diverse Farming Systems. The case of sorghum. Document de travail du programme GISAIA. Département d’agriculture, Economie alimentaire et des ressources, East Lansing, Michigan State University.
- Quisumbing, A.R. 1996. Male–Female Differences in Agricultural Productivity: Methodological Issues and Empirical Evidence. *World Development* 24.10: 1579–95.
- Smith, L.C. et J.-P. Chavas. 1997. Commercialization and the balance of women’s dual roles in non-income-pooling West African Households. *American Journal of Agricultural Economics* 79 (Mai): 589-594.
- Some, H. 2011. *Analyse de la diversité variétale de sorgho au niveau des villages et des ménages des régions de Dioïla et Mande*. Mémoire de fin cycle, Institut Sous-régional de Statistique et d’Économie Appliquée, Yaoundé, Cameroun
- Tefft, J. 2010. White gold: Cotton in Francophone West Africa. In Haggblade S., and Hazell, P. B. R. (Eds.), *Successes in African Agriculture: Lesson for the Future*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Theriault, V., Smale, M., et H. Haider. 2017. How Does Gender Affect Sustainable Intensification of Cereal Production in the West African Sahel? Evidence from Burkina Faso. *World Development*, 92:177-191.
- Theriault, V. et J. A. Sterns. 2012. The Evolution of Institutions in the Malian Cotton Sector: An Application of John R. Commons’s Ideas. *Journal of Economic Issues*, 46(4):941-965.
- Thériault, V., Kergna, A., Traore, A., Teme, B., and Smale, M. 2015. *Revue de la structure et de la performance de la filière engrais au Mali*. Laboratoire d’innovation FSP, Document Mali-2015-2.
- Udry, C. 1996. Gender, agricultural production, and the theory of the household. *Journal of Political Economy* 104 (5): 1010-1046.
- Van den Broek, E. 2009. *Gender in development: The case study of ICRISAT’s development initiatives for female sorghum producers in Mali*. Master of Science Thesis, Rural Development Sociology. Wageningen University.

Annexe: tableaux et figures

Tableau 1. Définition des variables

Variable	Définition
Productivité	kg de grains récoltés/ha mesuré par GPS
Engrais	kg d'engrais appliqués/ha mesuré par GPS
Nutriment N	kg de nutriments N en engrais appliqué/ha mesuré par GPS
Femme	le gérant de la parcelle est une femme=1, 0 autrement
Première épouse	le gérant de la parcelle est la première épouse du chef d'exploitation=1, 0 autrement
Deuxième épouse	le gérant de la parcelle est la deuxième épouse du chef d'exploitation=1, autrement
Belle-fille	le gérant de la parcelle est la belle fille du chef d'exploitation=1, 0 autrement
Fils	le gérant de la parcelle est le fils du chef d'exploitation=1, autrement
Légumineuse servant de culture associée	parcelle emblavée en sorgho=1, 0 autrement
Plaine	parcelle située sur une plaine=1, 0 autrement
Bas-fond	parcelle située sur un <i>bas-fonds</i> =1, 0 autrement
Sablonneux	le type de sol de la parcelle reconnu par les paysans est un sol sablonneux =1, 0 autrement
Limoneux	le type de sol de la parcelle reconnu par les paysans est un sol limoneux=1, 0 autrement
Argileux	le type de sol de la parcelle reconnu par les paysans est un sol argileux=1, 0 autrement
N	Log de teneur en nutriment N (%) des sols des parcelles
C	Matière organique du sol des parcelles (%)
P	Log de teneur en phosphore (assimilable) des sols de parcelles
K	Log de teneur en potassium (échangeable) des sols de parcelles
Sable	Sable (%) des sols de parcelles
Limon	Limon (%) des sols de parcelles
Argile	Argile (%) des sols de parcelle
Main d'œuvre	Nombre de personnes-jours de main d'œuvre/ha mesuré par GPS
Équipement	Heures totales d'utilisation d'équipements/ha mesurées par GPS

Source : Auteurs.

Tableau 2. Utilisation d'engrais par sexe du gérant de la parcelle

	Homme	Femme	Différence de la valeur p du test de moyennes
	(moyenne)		
Engrais totaux, kg/ha	87.9	38.2	0.000
Nutriments N, kg/ha	21.9	8.66	0.000
Nutriments N, kg/ha, parcelles de sorgho	5.62	8.66	0.000
Nutriments N, kg/ha, parcelles de maïs	40.3	--	--

Source : Auteurs. N=1,106. Gérantes de parcelles qui ne produisaient que du sorgho.

Tableau 3. Utilisation d'engrais sur les parcelles de sorgho par lien de parenté du gérant de la parcelle avec le chef d'exploitation

Lien de parenté avec le chef d'exploitation	Toutes les parcelles			Sorgho			Maïs		
	Engrais totaux (kg/ha)	Nutriment N (kg/ha)	N	Engrais totaux (kg/ha)	Nutriment N (kg/ha)	n	Engrais totaux (kg/ha)	Nutriment (kg/ha)	n
	(moyenne)			(moyenne)			(moyenne)		
Chef d'exploitation	87.5	21.65	663	24.6	5.64	354	159.6	40.0	309
Première épouse	39.5	9.69	108	39.5	9.69	108	42.2		
Deuxième épouse	43.9	8.05	43	43.9	8.05	43	56.3		
Fils	72.5	18.10	119	15.4	3.92	65	141.3	35.2	54
Frère	101.9	26.14	140	29.2	7.02	71	176.8	45.8	69
Belle-fille	27.6	6.36	33	27.6	6.36	33			
Total	79.6	19.68	1106	93.3	6.45	674	160.0	40.3	432

Source : Auteurs. N=1.106. Les gérantes de parcelle de l'échantillon qui ne produisaient que du sorgho.

Tableau 4. Types de sol reconnus par les paysans et résultats des tests de sol sur les parcelles gérées par les hommes et les femmes

	Homme	Femme	Valeur-p	n
<i>Reconnus par les paysans (%)</i>				
Sablonneux	35.8	48.1	0.002	1106
Limoneux	19.1	25.9	0.035	1106
Argileux	30.9	12.3	0.000	1106
Gravillonneux	14.8	13.5	0.659	1106
<i>Tests d'échantillon de sols (moyenne)</i>				
C (%)	0.510	0.563	0.074	686
N (%)	0.027	0.027	0.082	636
P assimilable à ppm P	1.26	1.35	0.734	707
K échangeable meq/100g	0.252	0.234	0.339	707
% sable > 0.05mm	60.2	57.5	0.017	707
% limon 0.05-0.002 mm	35.7	37.9	0.040	707
% argile < 0.002mm	4.15	4.61	0.069	707

Source : Auteurs sur la base de l'enquête et des résultats des tests.

Remarques : le test sur les pourcentages est celui le Pearson chi, d'autres sont la différence de moyennes, ttests.

Tableau 5. Intensité d'utilisation d'engrais par sexe et lien de parenté avec le chef d'exploitation

	Sexe		Lien de parenté	
	sol observé	sol mesuré	sol observé	sol mesuré
Gérante de parcelle	-14.72*** (4.688)	-6.918 (4.991)		
Première épouse			-12.02** (5.001)	-4.104 (5.415)
Deuxième épouse			-22.08*** (7.625)	-16.61** (8.166)
Belle-mère			-21.12*** (7.534)	-11.13 (8.266)
Fils			5.088 (6.652)	4.270 (8.193)
Taille de parcelle	-4.799*** (1.195)	-3.360** (1.647)	-4.896*** (1.199)	-3.524** (1.657)
Culture associée	4.365 (5.687)	7.590 (6.107)	7.375 (5.958)	11.08* (6.478)
Plaine	-0.709 (6.201)	-4.405 (9.034)	-0.744 (6.200)	-4.494 (9.037)
Bas-fonds	-16.74 (15.85)	-37.48 (23.01)	-19.60 (15.98)	-43.30* (23.49)
Sablonneux	6.482 (5.243)		6.069 (5.252)	
Limoneux	3.723 (6.335)		3.991 (6.362)	
Argileux	2.157 (5.746)		2.105 (5.786)	
C		-3.098 (6.975)		-2.081 (7.005)
N		2.349 (4.451)		1.528 (4.467)
P		18.30*** (4.628)		18.21*** (4.643)
K		-0.216 (4.864)		1.028 (4.916)
Sable		4.130 (3.441)		3.684 (3.472)
Limon		4.045 (3.448)		3.604 (3.477)
Argile		4.560 (3.422)		3.991 (3.465)
Constant	29.31 (27.94)	-351.7 (344.7)	29.90 (27.94)	-307.8 (347.7)
Observations	1,106	629	1,106	629
R au carré	0.450	0.586	0.454	0.592

Modèle OLS d'effets fixes de la culture sur l'exploitation. Erreurs-types en parenthèses.

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Tableau 6. Productivité par sexe et lien de parenté avec le chef d'exploitation

	Sexe		Lien de parenté avec le chef d'exploitation	
	sol observé	sol mesuré	sol observé	sol mesuré
Gérante de la parcelle	-558.6*** (130.1)	-317.3** (140.2)		
Première épouse			-513.4*** (139.1)	-285.0* (152.8)
Deuxième épouse			-742.3*** (212.0)	-506.0** (230.4)
Belle-fille			-617.8*** (209.5)	-341.5 (233.3)
Fils			29.86 (185.0)	-68.63 (231.2)
Taille de la parcelle	-464.3*** (157.8)	-326.7* (171.5)	-412.3** (165.7)	-282.2 (182.8)
Culture associée	-183.4*** (33.17)	-58.03 (46.25)	-184.6*** (33.33)	-58.87 (46.77)
Plaine	-206.2 (172.0)	-294.5 (253.8)	-204.8 (172.4)	-291.5 (255.0)
Bas-fonds	-285.7 (439.8)	-1,217* (646.3)	-337.8 (444.3)	-1,279* (662.9)
Sablonneux	129.1 (145.5)		121.3 (146.0)	
Limoneux	171.4 (175.8)		168.8 (176.9)	
Argileux	154.3 (159.4)		149.5 (160.9)	
C		67.19 (195.9)		87.42 (197.7)
N		-29.12 (125.0)		-42.99 (126.1)
P		542.4*** (130.0)		549.2*** (131.0)
K		312.1** (136.6)		326.4** (138.7)
Sable		57.80 (96.66)		44.75 (97.98)
Limon		32.81 (96.85)		19.78 (98.13)
Argile		67.53 (96.11)		52.65 (97.78)
Constant	1,771** (775.3)	-2,153 (9,683)	1,779** (776.8)	-870.5 (9,812)
Observations	1,106	629	1,106	629
R au carré	0.652	0.768	0.652	0.769

Modèle OLS d'effets fixes de la culture sur l'exploitation. Erreurs-types en parenthèses.

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Tableau 7. Fonctions de réponse de rendement selon le sexe du gérant de la parcelle

	Gérant de parcelle	Gérante de parcelle
Nutriments N	-0.634 (3.647)	3.008 (2.187)
Main d'œuvre	0.830 (0.777)	2.950* (1.676)
Equipement	0.603*** (0.0586)	0.114 (0.171)
Légumineuse servant de culture associée+	-	-274.7*** (74.04)
Taille de la parcelle	-56.28* (30.89)	166.0 (100.7)
C	-300.3*** (109.6)	88.66 (73.04)
N	-95.40 (61.78)	-29.80 (44.50)
P	158.6*** (45.22)	46.21 (44.74)
K	-45.01 (60.51)	-75.18 (69.81)
Sable	16.68* (9.531)	143.0 (142.4)
Limon	21.43** (10.12)	144.7 (142.0)
Argile	40.58** (15.85)	168.0 (148.7)
Constante	-1,755* (936.6)	-14,556 (14,218)
Observations	319	157
R au carré	0.379	0.502

Erreurs-types robustes en parenthèses. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

+ Aucune culture associée signalée sur les parcelles gérées par les hommes.