

Effets des subventions d'engrais sur la qualité du  
régime alimentaire des femmes maliennes en  
milieu rural

Par

Smale, M., V. Theriault et A. Assima

## ***Documents de recherche sur les politiques de sécurité alimentaire***

Cette série de documents de recherche est conçue pour diffuser en temps opportun les résultats d'analyses stratégiques et de recherche générés par le laboratoire d'innovation sur la sécurité alimentaire (FSP) à travers l'initiative Feed the Future financé par l'USAID et ses associés. Le projet du FSP qui est géré par le Food Security Group (FSG) du Département de l'agriculture, de l'alimentation et de l'économie des ressources (AFRE) de l'Université d'État du Michigan (MSU), est mis en œuvre en partenariat avec l'Institut international de recherche sur les politiques agricoles (IFPRI) et l'Université de Pretoria (UP). Ce consortium MSU-IFPRI-UP travaille en collaboration avec les gouvernements, les chercheurs et les acteurs du secteur privé des pays d'Afrique et d'Asie cibles de l'initiative Feed The Future afin d'accroître la productivité agricole, d'améliorer la diversité alimentaire et de renforcer la résilience face à des défis comme le changement climatique qui affectent les moyens de subsistance.

Les papiers s'adressent aux chercheurs, aux décideurs, aux organismes donateurs, aux éducateurs et aux praticiens du développement international. Les articles sélectionnés seront traduits en français, en portugais ou dans d'autres langues.

Des copies de tous les articles de recherche du FSP et des mémoires politiques peuvent être téléchargées gratuitement en format PDF à partir du site Web suivant :  
<https://www.canr.msu.edu/fsp/>

Des copies de tous les articles de recherche du FSP et des mémoires politiques peuvent être téléchargées gratuitement en format PDF à partir du site Web suivant :  
<https://dec.usaid.gov/dec/home/Default.aspx>

## AUTEURS

**Melinda Smale** ([msmale@msu.edu](mailto:msmale@msu.edu)) est professeur en développement international au Département d'économie agricole, alimentaire et des ressources naturelles à l'Université d'Etat du Michigan (MSU), East Lansing, MI, US.

**Véronique Thériault** ([theria13@msu.edu](mailto:theria13@msu.edu)) est professeur-adjointe en développement international au Département d'économie agricole, alimentaire et des ressources naturelles à l'Université d'Etat du Michigan (MSU), East Lansing, MI, USA.

**Amidou Assima** ([amidou.assima@gmail.com](mailto:amidou.assima@gmail.com)) est assistant de recherche, diplômé du Projet de recherche sur les politiques de sécurité alimentaire au Mali (PRePoSAM) basé à Bamako, au Mali.

**Michigan State University (MSU).** Etablie au Michigan, MSU est la plus vieille des universités agricoles « US Land Grant » aux Etats-Unis, avec une longue histoire de recherche en politique agricole et alimentaire en Afrique, Asie et Amérique latine.

## REMERCIEMENTS

Cette étude a été financée par l'USAID/Mali dans le cadre du projet intitulé « Projet de recherche sur les politiques de sécurité alimentaire au Mali (PRePoSAM) » conclu dans le cadre de l'Accord de Coopération de Food Security Innovation Lab Numéro AID-688-A16-00001 et appuyé par une subvention de 2018 du Consortium pour la Recherche Economique en Afrique. Les auteurs remercient les enquêteurs et se félicitent des supervisions de terrain de l'Institut d'Economie Rurale qui a mené la collecte de données dans des conditions difficiles. L'équipe de recherche était supervisée par Alpha Kergna et Naman Keita. Nous remercions plus particulièrement les membres des exploitations agricoles familiales qui étaient disposés à partager des informations importantes sur leurs pratiques culturelles et leurs régimes alimentaires.

*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 © 2019, 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

Les politiques agricoles affectent les régimes alimentaires des ménages ruraux à travers plusieurs canaux, notamment par le biais des changements de la structure des coûts et bénéfices agricole, le rendement de la main d'œuvre familiale au sein et en dehors de l'exploitation et, les prix des produits qui créent des incitations qui guident le choix du paysan de cultiver une plante plutôt qu'une autre, ou à acheter un produit de consommation plutôt qu'un autre. Ici, nous prenons l'exemple d'une politique largement répandue dans les pays d'Afrique subsaharienne, les subventions aux engrais (intrants).

Bien qu'une abondante littérature ait mesuré les impacts des subventions aux engrais en Afrique subsaharienne depuis leur rétablissement sous forme de « subventions judicieuses », nous n'avons trouvé jusque-là qu'une poignée d'études qui examinent les implications nutritionnelles. Celles-ci comprennent les études menées au Malawi, où ces subventions ont été lancées dans les années 90, et en Tanzanie (pas encore publiées, à notre connaissance). De plus, documenter les effets au sein des ménages dirigés par des hommes n'était pas l'objectif principal de ces études bien que plusieurs d'entre elles rapportent des différences selon le sexe du chef d'exploitation.

Il en est de même pour le Mali où relativement peu d'études ont été menées sur les effets de la subvention aux engrais. Nous focalisons notre analyse sur la mesure des relations entre la quantité d'engrais subventionnés obtenue et la qualité du régime alimentaire des femmes en âge de reproduction qui gèrent les parcelles au sein des ménages dirigés par des hommes au Mali. Ainsi, cette analyse contribue à la fois à la base de connaissances au Mali et à la littérature générale sur le thème des subventions aux engrais en Afrique sub-saharienne.

Nous utilisons les données d'enquête collectées par une équipe de l'Institut d'Economie Rurale et de Michigan State University pendant l'année agricole 2017-2018. Les données portent sur 2400 ménages dont les gérants de parcelles ont été interviewés sur leur utilisation d'engrais et méthodes de gestion. Au sein de ces ménages, 5900 femmes en âge de reproduction ont été interviewées sur leur consommation d'aliments au cours des 24 heures précédant l'entretien. Nous avons construit les indicateurs actuellement recommandés qui permettent de mesurer la qualité du régime alimentaire des femmes : 1) le score de diversité alimentaire minimal adéquat, et 2) le score de diversité alimentaire des femmes. Ces indices sont, corrélés aux mesures anthropométriques et à la qualité du régime alimentaire des enfants des répondants.

Nous trouvons une faible proportion assez troublante de femmes (43%) ayant atteint le score minimal adéquat de consommation d'aliments appartenant à au moins 5 des 10 principaux groupes d'aliments, le jour précédant l'enquête. Cette proportion était considérablement plus faible dans les ménages de la zone agro écologique du Plateau de Koutiala que dans celle du Delta du Niger. Les statistiques des échantillons suggèrent que les femmes gérantes de parcelles, emblavées en cultures ciblées par les subventions, avaient plus de chances, par rapport aux autres gérantes de parcelles, de consommer des sources d'aliments riches en fer mais également des collations et des repas hors du domicile ainsi que des sources d'aliments riches en sucre. Cependant, la consommation totale

d'aliments riches en sucre semble faible, la source la plus répandue étant de loin le sucre rajouté au thé ou au café et n'étant cependant pas consommé tous les jours. Enfin, nous avons trouvé que l'impact général des subventions aux engrais sur la qualité du régime alimentaire des femmes était susceptible d'être très limité en termes d'ampleur bien que la corrélation entre le kg par ha et le nombre de groupes d'aliments soit statistiquement significative. Des travaux supplémentaires examineront, en détail, les hypothèses et conclusions.

# **TABLEAU DES MATIERES**

|  |      |
|--|------|
| AUTEURS.....   | ii   |
| REMERCIEMENTS.....   | iii  |
| RÉSUMÉ.....  | iv   |
| LISTE DES TABLEAUX.....  | vii  |
| LISTE DES FIGURES.....   | viii |
| 1. INTRODUCTION.....   | 1    |
| 2. APPROCHE ÉCONOMÉTRIQUE.....   | 2    |
| 3. DONNÉES ET VARIABLES.....   | 5    |
| 4. RÉSULTATS.....  | 10   |
| 4.1 Qualité du régime alimentaire des femmes rurales.....              | 10   |
| 4.2 Résultats des régressions.....                                     | 11   |
| 5. CONCLUSIONS ET IMPLICATIONS POUR D'AUTRES TRAVAUX DE RECHERCHE..... | 13   |
| 6. BIBLIOGRAPHIE.....  | 15   |

## LISTE DES TABLEAUX

|  |    |
|--|----|
| Tableau 1. Variables sur la qualité du régime alimentaire : définitions et statistiques descriptives.....  | 18 |
| Tableau 2. Variables explicatives : définitions et statistiques descriptives.....  | 19 |
| Tableau 3. Scores de diversité alimentaire minimal adéquat des femmes, par zone agro écologique .  | 21 |
| Tableau 4. Scores de diversité alimentaire des femmes, par zone agro écologique .....  | 21 |
| Tableau 5. Consommation de certains aliments dans les 24 heures précédant l'enquête, par réception d'engrais subventionné.....                               | 22 |
| Tableau 6. Effets des engrais subventionnés sur l'utilisation d'engrais par les gérants de parcelles....   | 23 |
| Tableau 7. Effets de l'utilisation d'engrais sur la qualité du régime alimentaire (Scores de diversité alimentaire minimum) des gérantes de parcelles .....  | 25 |
| Tableau 8. Effets de l'utilisation d'engrais sur la qualité du régime alimentaire (Score de diversité alimentaire des femmes) des gérantes de parcelles..... | 27 |
| Tableau 9a. Effets de l'utilisation d'engrais sur les autres indicateurs de qualité du régime alimentaire des gérantes de parcelles .....                    | 28 |
| Tableau 9b. Effets de l'utilisation des engrais sur les autres indicateurs de la qualité du régime alimentaire des gérantes de parcelles.....                | 29 |

## **LISTE DES FIGURES**

|   |    |
|---|----|
| Figure 1. Distribution du score de diversité alimentaire des femmes ..... | 30 |
|---|----|

# 1. INTRODUCTION

Les politiques agricoles influent sur le régime alimentaire des ménages ruraux à travers les changements de la structure des coûts, le rendement de la main d'œuvre agricole et les prix des produits qui créent des incitations qui guident le choix de cultiver des plantes particulières ou d'acheter des denrées de consommation par rapport à d'autres. Historiquement, l'une des politiques agricoles les plus pratiquées de façon cohérente en Afrique sub-saharienne a été les subventions aux engrais, entreprise au niveau opérationnel sous plusieurs formes pendant des décennies, depuis l'accession à l'indépendance (Morris et al. 2007 ; Druilhe et Barreiro-Hurlé 2012 ; Jayne et Rashid 2013). Les principaux objectifs de la politique de subventions aux engrais sont généralement d'accroître la productivité agricole grâce à un meilleur accès aux engrais, contribuant ainsi à la sécurité alimentaire et nutritionnelle par le biais d'une hausse des revenus et une baisse des prix à la consommation. La génération actuelle de subventions est qualifiée de manière optimiste de « subventions judicieuses » mais les analyses les trouvent généralement régressives (Gautam 2015), sans preuves, à ce jour, des impacts à long terme (Jayne et al. 2018).

Un nombre important d'études a émergé aux fins d'analyser les impacts de ces subventions sur l'offre en engrais commerciaux, l'adoption et les avantages de l'utilisation des engrais sur les exploitations familiales, notamment en Afrique de l'Est et en Afrique australe, mais également à un moindre degré en Afrique de l'Ouest. Des examens informatifs de l'évidence, concernant les résultats ou impacts de la dernière génération de subventions, ont été menés par Druilhe et Barreiro-Hurlé (2012), Jayne et Rashid (2013), Wanzala-Mlobela, Fuentes, et Mkumbwa (2013) ; Kato et Greeley (2016) et Jayne et al. (2018). Pour l'analyse au niveau des ménages, les chercheurs ont mis l'accent sur l'évaluation des impacts directs des subventions sur les rendements agricoles, les revenus et le statut de pauvreté, dont les effets sur l'utilisation de l'engrais commercial.

Dans une analyse comparative de ces études (Smale et Theriault 2019), nous en n'avons identifié que deux qui ont abordé les impacts potentiels des engrais sur la nutrition (Snapp et Fisher 2015 ; Gine et al. 2015). Le rapport préparé par Gine et al. (2015) a testé les effets en Tanzanie des subventions aux engrais sur la diversité alimentaire parmi les ménages et non au sein des ménages. Les auteurs n'ont pas trouvé d'impact positif significatif de cette subvention sur la sécurité et la diversité alimentaire des ménages. Snapp et Fisher (2015) ont identifié deux voies à travers lesquelles le programme de subvention aux intrants du Malawi a eu un impact positif sur la diversité alimentaire des ménages : la diversification agricole et la génération de revenus grâce à une meilleure commercialisation du maïs. Ils n'ont pas abordé les effets intra-ménages du programme de subvention aux intrants. Certes, quelques études ont examiné la réussite des programmes conçus pour cibler les exploitations dirigées par les femmes mais nous n'avons trouvé que deux qui ont exploré les différences liées au genre au niveau de l'adoption et de la productivité (Karamba et Winters 2015 ; Fisher et Kandiwa 2014) et deux qui analysent les effets intra-ménages des subventions (un document de travail préparé par Chirwa et al. en 2011 et une thèse par Haider en 2018).

Walls et al. (2018) tirent des conclusions similaires dans une revue documentaire systématique des études portant sur l'impact des subventions agricoles aux intrants (y compris entre autres celles destinées aux engrais) sur la sécurité alimentaire et nutritionnelle. Les auteurs trouvent que dans les cas où les études ont pris en compte les résultats nutritionnels, elles ne se sont typiquement limitées qu'aux changements au niveau de la consommation d'aliments de base ciblés, ignorant les aspects plus larges tels que la diversité alimentaire. Bien que leur recherche initiale ait abouti à 1527 publications, après une sélection détaillée par plusieurs auteurs, Walls et al. (2018) n'ont trouvé que quatre études qui répondaient aux critères d'inclusion dans leur article. Trois ont été des analyses du programme de subventions aux engrais du Malawi dont l'une était une thèse non publiée de Karamba (ci-dessus). La quatrième était une étude de 1988 sur la technologie de production de riz en Gambie, et n'ayant donc aucun rapport avec les subventions aux engrais.

La présente analyse prend comme exemple la politique agricole du programme malien de subventions aux engrais et teste la corrélation de la subvention avec la qualité du régime alimentaire des femmes rurales. Comme dans d'autres pays, l'objectif d'une subvention aux engrais est de stimuler la productivité agricole en permettant aux agriculteurs, confrontés à des obstacles financiers ou ceux liés aux connaissances, d'appliquer cet intrant essentiel, ce qui pourrait entraîner une hausse des parts des récoltes vendues et une augmentation des revenus agricoles. La consommation alimentaire des ménages agricoles et de leurs membres peut être influencée par les changements soit au niveau des cultures produites soit au niveau des achats d'aliments. Nous adaptons le cadre initialement élaboré par Mason et Smale (2013) afin d'analyser les impacts par kilo des semences de maïs hybrides sur le bien-être de l'agriculteur. Ici nous testons les impacts par kilo des engrais obtenus à un prix subventionné sur la qualité du régime alimentaire des femmes en âge de reproduction, gérantes de parcelles de cultures ciblées par la subvention (sorgho, riz, maïs, mil ou coton) au sein des ménages agricoles des zones agro-écologiques du Delta du Niger et du Plateau de Koutiala. Nous contribuons à la littérature empirique générale extensive sur les subventions aux engrais en Afrique sub-saharienne en analysant leurs effets intra-ménages sur la qualité du régime alimentaire des femmes rurales. Nous contribuons également à la littérature empirique limitée sur leurs impacts au Mali (voir analyse de Smale et Theriault 2019).

L'approche économétrique est présentée dans le prochain chapitre, suivie par la description de la source des données et des variables. Nous présentons ensuite quelques statistiques descriptives et les conclusions économétriques. Nous tirons des conclusions et proposons de futurs travaux de recherche dans la conclusion.

## **2. APPROCHE ÉCONOMÉTRIQUE**

Les principes du modèle non séparable du ménage agricole fixent la base conceptuelle de l'approche économétrique (Singh, Squire et Strauss 1986). L'utilité est maximisée plutôt que les bénéfices et les demandes en intrants comprennent à la fois les prix observés et les caractéristiques du ménage qui affectent les prix endogènes à travers les coûts de transaction spécifiques au ménage. Les subventions aux intrants affectent les résultats nutritionnels à travers la principale voie d'impact, à savoir les revenus, bien que les changements au niveau de la composition des revenus entre

différentes sources (propre production, nourriture achetée) et entre différents membres de l'exploitation (champs collectifs, individuels) peuvent également influencer les résultats.

Nous adaptons une stratégie empirique appliquée par Mason et Smale (2013) pour mesurer les effets par kilo de l'utilisation de semences d'hybrides sur les indicateurs de bien-être des ménages. Ici, nous mesurons les effets d'engrais subventionnés obtenus ( $s$ ) sur les engrais appliqués ( $h$ ) par les membres individuels sur les parcelles qu'ils gèrent ( $h$ ) et estimons l'effet par kg d'engrais sur la qualité du régime alimentaire des femmes gérantes de parcelles. L'approche générale implique l'application de la règle de dérivation en chaîne et d'estimation en deux étapes. Etant donné que l'effet des subventions est hétérogène entre exploitations et au sein<sup>1</sup> de celles-ci et que nous tentons de mesurer les effets sur le résultat, nous préférons utiliser la quantité en kilos d'engrais subventionné appliquée plutôt que la variable binaire indiquant si oui ou non la subvention a été obtenue. Chaque résultat ( $y$ ) est une fonction de la quantité d'engrais (kg) appliqué et d'autres facteurs,  $x$ .

$$y = y[h(s, z), x] \quad (6)$$

La quantité d'engrais appliquée est une fonction de la quantité d'engrais subventionnés obtenue,  $s$ , ainsi que d'autres facteurs,  $z$ . Nous appliquons la règle de dérivation en chaîne afin d'obtenir les effets partiels qui nous intéressent :

$$\frac{\partial y}{\partial s} = \frac{\partial y}{\partial h(s,z)} \cdot \frac{\partial h(s,z)}{\partial s} \quad (7)$$

Le premier terme représente l'effet partiel sur la variable de résultat des engrais (kg) appliqués, en tenant compte d'autres facteurs. Le deuxième terme à droite exprime l'effet des engrais subventionnés (kg) sur l'utilisation d'engrais (kg), sous condition d'autres co-variables. Chaque effet partiel est estimé sur le plan économétrique. Afin d'obtenir les effets par kg des subventions sur les variables de résultat, comme troisième étape, nous utilisons le produit des deux effets partiels.

Dans la première étape, la variable d'utilisation d'engrais représente une solution de coin avec des valeurs concentrées à zéro, suggérant un modèle Tobit. Nous appliquons la méthode de la fonction de contrôle (CFA) pour tester l'endogénéité potentielle de *l'engrais subventionné* dans la quantité d'engrais appliquée tout en contrôlant pour les caractéristiques de la parcelle, du gérant de parcelle, de l'exploitation et du marché. En suivant cette approche, nous commençons par expliquer les kilogrammes d'engrais subventionnés appliqués, ensuite nous entrons les valeurs prédites ainsi que la valeur résiduelle dans une deuxième régression expliquant l'utilisation totale d'engrais.

---

<sup>1</sup> Nous supposons que l'utilisation d'engrais est hétérogène entre les parcelles gérées par différents membres de la même exploitation.

On compte parmi les variables instrumentales utilisées dans les travaux de recherche antérieurs la présence de parents de politiciens dans le village, le temps qui s'est écoulé depuis l'établissement de l'exploitation dans le village, le prix médian des engrais au niveau du village ou de la commune ainsi que la proportion de ménages membres d'une coopérative de producteurs de coton au niveau du village ou de la commune. Dans notre étude des subventions d'engrais au Mali, nous utilisons trois variables instrumentales. Deux d'entre elles sont des variables de « conception » qui représentent la forme de subvention obtenue, des bons en papier ou des bons en papier combinés à des bons électroniques. Les bons électroniques sont actuellement en phase pilote au Mali et les agriculteurs que nous avons interviewés les ont combinés avec des bons en papier. Le troisième instrument de notre analyse est la redevance à verser afin d'obtenir la subvention. Ces variables affectent l'utilisation totale uniquement par le biais du programme de subvention.

Dans le CFA, le test t du résidu dans l'équation expliquant l'utilisation totale d'engrais est le test de l'endogénéité de l'engrais subventionné. Si, en rejetant l'hypothèse nulle selon laquelle le coefficient du résidu est égal à zéro, nous rejetons l'exogénéité, nous contrôlons ensuite pour l'endogénéité en incluant les valeurs prédites du résidu de la première étape ainsi que les valeurs observées des engrais subventionnés dans la régression finale expliquant l'utilisation totale d'engrais. En cas d'endogénéité, les erreurs-type sont calculées au moyen de la méthode du Bootstrap pour tenir compte de l'inclusion du régresseur prédit (résidu ajusté par la fonction de contrôle de la première étape) dans la régression de deuxième étape. La méthode de Bootstrap tient également compte du fait que l'engrais appliqué sur les parcelles appartenant à la même exploitation peut être corrélé. Nous appuyons les tests d'endogénéité potentielle grâce à la régression de variables instrumentales (IVREG2 dans Stata), qui suppose aucune concentration de valeurs à zéro.

La procédure d'estimation de la deuxième étape dépend de la forme de variable de résultat que nous utilisons pour mesurer la qualité du *régime alimentaire*. Par exemple, un modèle Poisson peut être mieux adapté pour la modélisation des scores de diversité, selon la marge du score. Le score de diversité alimentaire minimal pour les femmes en âge de reproduction est la variable binaire. Encore une fois, la variable d'intérêt, l'utilisation d'engrais, est potentiellement endogène dans les variables de résultat et nous pouvons appliquer le CFA ou une approche de variables instrumentales (IV). Les instruments utilisés dans les études précédentes comprennent le taux d'adoption au niveau de la commune ou du district qui exprime la convergence de l'offre et de la demande sur une grande échelle géographique d'analyse. Les données secondaires sur les quantités d'engrais vendues par les commerçants ont également été utilisées. La proportion d'agriculteurs membres de coopératives enregistrées est une autre option puisqu'elle mesure la force des associations qui fournissent des engrais en dehors des marchés commerciaux. D'autres chercheurs ont utilisé des variables telles que le fait qu'un politicien ou un membre de sa famille réside ou non dans le village et la durée de la résidence de la famille bénéficiant des subventions. Plusieurs études sur le thème ont appliqué les méthodes des variables instrumentales avec les données transversales ou de panel (voir références rapportées dans Jayne et al. 2018). Ici, nous utilisons trois variables liées à l'utilisation d'engrais mais pas directement à la diversité alimentaire : le fait que la parcelle est de culture pluviale ou non, si elle a eu ou non des problèmes d'eau et si une sécheresse a été enregistrée ou non pendant les trois années précédant l'enquête.

Dans la première et deuxième étape de notre estimation économétrique, nous regroupons les erreurs par ménage. Dans la troisième étape, nous appliquons la règle de la chaîne de dérivation afin de calculer l'effet partiel total d'une augmentation d'un kilogramme d'engrais subventionnés sur la variable de résultat en multipliant l'effet partiel de la première étape par celle de la deuxième étape.

Dans cette troisième étape, nous tenons également compte de l'organisation du ménage agricole. Dans les systèmes agricoles pluviaux d'Afrique de l'Ouest, plusieurs exploitations agricoles sont organisées sous la supervision d'un chef d'exploitation patriarcale qui a la responsabilité d'allouer les parcelles individuelles entre les membres et de gérer les parcelles collectives dans l'intérêt de la famille élargie. Les processus de prise de décision intra-ménages déterminent l'utilisation d'intrants, y compris, éventuellement les engrais subventionnés. Par exemple, les récents travaux de recherche menés au Burkina Faso suggèrent que fournir aux hommes chefs de ménage des engrais subventionnés pour le compte du ménage dans sa totalité pourrait générer une production agricole totale plus importante que de cibler les femmes et les jeunes hommes (Haider 2018). Au Mali, Smale et al. (2019) ont trouvé très peu d'évidence indiquant l'inefficacité de l'allocation intra-ménages d'engrais mais ont conclu que les écarts persistants de rendement entre hommes et femmes pourraient être expliqués, en partie, par les différences au niveau de la qualité des terres. Ici, nous estimons les équations en utilisant les données au niveau parcelles et, dans la dernière étape, nous ne considérons que la qualité du régime alimentaire des femmes gérantes de parcelles de cultures ciblées par les subventions aux d'engrais.

### **3. DONNÉES ET VARIABLES**

#### **3.1 Données**

Nous utilisons une enquête détaillée menée par l'Institut d'Economie Rurale et Michigan State University (IER/MSU) en plusieurs visites entre octobre 2017 et juillet 2018. L'échantillon a été par zone agro-écologique, notamment les zones du Delta du Niger (qui dépendent intensément de la riziculture irriguée, avec des zones environnantes de culture sèche basée sur la production de mil) et le Plateau de Koutiala (basé sur le sorgho et une rotation coton-maïs dans un système pluvial). Un échantillon de 60 sections d'énumération standard a été sélectionné dans chacune des zones, avec 20 *exploitations Agricoles Familiales*, ou EAF par SE (un total de 2400 ménages). Des informations détaillées sur les subventions d'engrais et l'utilisation d'intrants ont été collectées sur les parcelles de cultures cibles (riz, maïs, mil, sorgho, coton).

L'équipe de l'IER/MSU a opté de mettre en œuvre une enquête indépendante après avoir soigneusement pris en compte des données collectées dans le cadre du projet intitulé « Living Standards Measurement Survey-Integrated Survey of Agriculture (LSMS-ISA) » mis en œuvre pour la première fois au Mali de 2014 à 2015. Bien que ces données publiques soient représentatives du territoire national, la représentation de certaines cultures et de certains systèmes agricoles était sporadique, les données sur la gestion des parcelles n'ayant pas inclus les détails qu'il fallait pour les objectifs que nous nous sommes fixés en termes de subventions d'engrais. En outre, le module de diversité alimentaire a mesuré la diversité alimentaire des ménages plutôt que la diversité alimentaire individuelle.

Au total, 9194 parcelles collectives et individuelles ont été recensées. Toutes les femmes en âge de reproduction (15-60 ans) ont été interviewées au sein des ménages recensés, soit au total 5930 femmes. L'équipe malienne a choisi d'élargir la tranche d'âge de 50 à 60 ans. Un test des différences de moyennes des scores de diversité entre la tranche d'âge de 15 à 50 ans et celles de 15 à 60 ans n'a révélé aucune signification statistique, nous avons donc inclus toutes les observations dans nos statistiques sommaires. De l'échantillon de femmes en âge de reproduction des ménages recensés, seules 439 étaient gérantes de parcelles individuelles emblavées en cultures ciblées par la subvention. Quarante-quatre pour cent de leurs parcelles étaient emblavées en riz, 25% en sorgho, 23% en mil et seules 7% et 1% étaient des parcelles de maïs et de coton, respectivement. Bien que ces cultures ne soient pas généralement gérées par des femmes, les quelques cas que nous avons trouvés étaient gérés par des épouses, filles ou belles-filles de chefs de famille. Ces parcelles sont incluses dans notre modèle économétrique.

### 3.2 Indicateurs sur l'impact diététique

L'apport alimentaire est l'un des deux principaux déterminants immédiats de l'état nutritionnel de la mère et de l'enfant, aux côtés des maladies (UNICEF 2015). Bien qu'il n'y ait pas d'indice universel de qualité du régime alimentaire, il existe un certain consensus sur la composition d'un régime sain ou malsain : une diversité d'aliments riches en apport calorique adapté à l'âge, au sexe et à l'état de santé et l'activité physique ; micronutriments essentiels ; et un apport limité en sucres libres et en sel, de collations et de boissons sucrées ou de charcuterie (GLOPAN 2016). Un apport inadapté d'aliments, comme cause de malnutrition, fait référence aux déséquilibres, à la fois en termes d'excès et d'insuffisance en énergie ainsi qu'en macro et micronutriments. Un régime alimentaire équilibré (ou qualité diététique) est défini comme « un régime qui fournit de l'énergie et tous les nutriments essentiels à la croissance et à une vie saine et active » (Comité de sécurité alimentaire mondial 2012:9).

La diversité alimentaire fait référence au nombre de différents aliments ou de groupes d'aliments qu'un ménage ou qu'une personne a consommé au cours d'une période donnée (c.-à-d., au cours des 24 heures ou de la semaine précédant l'entretien). Des régimes alimentaires plus diversifiés sont positivement corrélés avec des apports plus élevés en calories et en macro et micronutriments ainsi que des mesures anthropométriques plus favorables chez les adultes et les enfants (Arimond et al. 2010 ; Steyn et al. 2006). Les régimes contenant un nombre limité d'aliments, notamment les féculents, peuvent avoir une carence en macro et micronutriments malgré le fait qu'ils permettent de satisfaire aux besoins caloriques. Selon Ruel et al. (2013, p. 259), « des études réalisées dans divers contextes et chez des populations aux régimes alimentaires très différents montrent une forte, robuste et positive association entre les indicateurs de diversité alimentaire et la qualité du régime alimentaire chez les enfants et chez les femmes [...] Plusieurs études récentes confirment également la corrélation positive entre la diversité alimentaire et l'anthropométrie chez les enfants et les femmes, même lorsqu'on contrôle pour divers facteurs sociodémographiques et économiques qui affectent les individus et les ménages ».

Le score de diversité alimentaire des ménages (HDDS) est une mesure de la disponibilité calorique (Leroy et al. 2015) ou un aperçu de la capacité économique d'un ménage à avoir accès à une variété d'aliments (Kennedy, Ballard et Diop 2013). Le score de diversité alimentaire individuel (IDDS) établit une distinction entre les membres du ménage, et est une mesure de l'accès individuel à un régime alimentaire de qualité. Pour les ménages structurés comme ceux de notre zone d'enquête, la qualité du régime alimentaire des femmes est également un bon indicateur de la qualité alimentaire de leurs enfants. Le HDDS et l'IDDS ont tous les deux été largement appliqués dans plusieurs disciplines. Dans notre zone d'enquête, par exemple, Kennedy et al. (2009) les ont testé dans des recherches menées à Bamako et Spigelski (2004) les ont appliqués dans des travaux de recherche doctorale réalisés au Sénégal. Des travaux importants ont été réalisés avec ces indices en milieu rural et urbain au Burkina Faso (par ex, Becquey et Prével 2010 ; Savy et al. 2006). Notre étude fournit une mise à jour nécessaire, notamment pour les femmes rurales au Mali.

A la place du HDDS ou de l'IDDS, nous appliquons le score de diversité alimentaire des femmes (WDDS) et le score de diversité alimentaire minimal des femmes (MDD-W) développés plus

récemment. Chacun est évalué par un rappel des 24 heures et représente l'adéquation en micronutriments pour les femmes en âge de reproduction; le MDD-W est une variable binaire (0-1) mesurant si oui ou non la consommation du répondant a dépassé 5 des 10 groupes d'aliments tandis que le WDDS mesure le nombre de groupes d'aliments sur un total de 9 (FAO et FHI 360 2016; Martin-Prével et al. 2015). Les 10 groupes d'aliments du MDD-W sont : 1) les céréales, les racines à chaire blanche et tubercules, les plantains ; 2) les légumineuses (haricots, pois et lentilles) ; 3) les noix et les graines ; 4) les œufs ; 5) les légumes à feuilles vertes foncées, 6) autres fruits et légumes riches en vitamine A ; 7) autres légumes ; 8) autres fruits, 9) les produits laitiers ; ou 10) la viande, la volaille et le poisson. Nous avons conçu notre instrument d'enquête de manière que plusieurs indicateurs puissent être construits en agrégeant ou en comptant les catégories de différentes manières. Les 9 groupes d'aliments de WDDS comprend, comme dans le MDD-W : 1) les féculents servant d'aliments de base ; 2) les légumes à feuilles vertes foncées ; 3) autres fruits et légumes riches en vitamine A ; 4) la viande, la volaille et le poisson ; 5) autres fruits et légumes, 6) les produits laitiers et 7) les œufs. La viande d'organes représente une catégorie unique de cet indicateur (groupe 8) et les légumineuses sont combinées avec les noix et les graines (groupe 9). Nous tirons également des indices mesurant l'adéquation en micronutriments (par ex, vitamine A, fer) du même instrument d'enquête et testons ces indicateurs (Kennedy, Ballard et Diop 2013).

Des résultats tels que les parts de certaines catégories d'aliments achetés (sucreries et boissons gazeuses) ou consommés hors du domicile servent d'indicateurs d'effets potentiellement néfastes sur la santé (Smith et Subandoro 2007). Ni le WDDS ni le MDD-W ne comprennent ces catégories. Des travaux menés récemment au Mali (Therault et al. 2018) montrent que les sucres et les graisses végétales sont des ingrédients essentiels dans un tiers et un cinquième des produits céréaliers laitiers transformés. Dans notre analyse, nous considérons les variables binaires pour les sucres (sucreries, boissons gazeuses ou jus sucrées, thé ou café pris avec du sucre) consommés un jour avant l'enquête, une variable indiquant si oui ou non le répondant a consommé une collation ou un repas en dehors de la maison, le jour précédant et le montant dépensé.

En somme, les indicateurs du régime alimentaire, qui représentent certains des derniers indices développés dans la littérature sur la nutrition pour évaluer rapidement l'apport alimentaire et la qualité, sont mesurables avec des données d'enquêtes agricoles comprenant un module de diversité alimentaire. Les indicateurs peuvent être présentés de manière synthétique, comme dans le Tableau 1, ou servir de variables de résultat dans un modèle de prise de décision intra-ménages.

La moyenne globale MDD\_W montre que seuls 43% de l'ensemble des femmes interviewées ont consommé au moins 5 des 10 groupes d'aliments considérés comme sources d'un régime alimentaire adéquat. De même, le nombre moyen de WDDS est de 4 sur 9. L'argent dépensé pour l'achat d'aliments ou de collations hors du domicile varie de 0 à 4000 FCFA, avec une moyenne de 36 FCFA<sup>2</sup>. Seules 7% des femmes ont consommé une boisson sucrée au cours des 24 heures précédant l'entretien mais 79% ont consommé soit des aliments sucrés (miel, confiture), des boissons sucrées (boisson gazeuse ou jus) soit le sucre rajouté au thé ou au café. La majeure partie de cette consommation était du sucre rajouté au café ou au thé. Ainsi, la consommation de sucres semble être relativement limitée chez les femmes de nos zones d'enquête.

---

<sup>2</sup> \$1 is roughly equivalent to 530 FCFA.

Seules 35% de toutes les femmes en âge de reproduction ont consommé des aliments riches en fer au cours des 24 heures précédant l'entretien. Un pourcentage encore plus faible (16%) a consommé des aliments riches en vitamine A.

### 3.3 Variables explicatives

Les variables explicatives, y compris les variables potentiellement endogènes, les instruments et les variables exogènes, sont indiquées dans le Tableau 2 avec les statistiques descriptives. Nous testons l'endogénéité potentielle de l'engrais total (kg) obtenu à un prix subventionné (étape 1) à la fois dans l'engrais total (kg) appliqué et d'engrais (kg) appliqué par hectare. Nous testons ensuite l'endogénéité potentielle de l'engrais total (kg) et de l'engrais par ha dans la qualité du régime alimentaire des femmes gérantes de parcelles (étape 2). Dans toutes ces trois variables, nous avons réduit les valeurs aberrantes à 1% et utilisé la valeur médiane pour les remplacer.

Les variables instrumentales utilisées pour l'identification diffèrent selon les étapes de l'analyse. Dans la première étape, comme expliqué plus haut, celles-ci comprennent la conception du programme de subvention mis à la disposition du paysan (papier, papier et bon électronique) et les redevances de subvention versées dans le village comme le rapportent les informateurs clés. Les informateurs clés comprenaient les anciens du village et, le cas échéant, les représentants des principales organisations et institutions telles que l'Office du Niger qui gère le système d'irrigation par gravité aménagé le long du fleuve Niger ou la compagnie d'égrenage parapublique, la CMDT. Elles sont toutes des variables qui sont déterminées de façon exogène et sans influence des paysans individuels. Dans l'étape 2, nous utilisons trois instruments liés aux conditions environnementales de la parcelle (culture pluviale, problème d'eau, sécheresse pendant les 3 dernières années) pouvant influencer l'utilisation d'engrais mais pas la qualité du régime alimentaire des gérants de parcelles sauf à travers ses effets sur la productivité.

Les autres variables exogènes comprennent les variables binaires permettant de contrôler pour la zone agro-écologique, l'affiliation institutionnelle (appartenant à l'Office du Niger ou la CMDT), la culture cible cultivée sur la parcelle et les interactions avec les agents de l'Office du Niger et/ou de la CMDT. Etant donné qu'un pourcentage négligeable de femmes a géré une parcelle de coton ou de maïs, ces régressions comprennent le mil, bien que le mil soit la catégorie omise dans les régressions de l'étape 1. Les distances liées à l'accès aux marchés comprennent celle par rapport à la boutique d'intrants la plus proche, à la route goudronnée et à Bamako. Dans les régressions concernant les engrais, les distances, par rapport au marché d'engrais le plus proche, sont également incluses. Celles-ci affectent les coûts de transactions pour l'engrais et les prix effectifs que les paysans doivent supporter. Le nombre d'organisations de microfinance par village est inclus dans toutes les régressions. On trouve les caractéristiques fondamentales de parcelle et de gestionnaire de parcelle (superficie de la parcelle, présence de cultures intercalaires, le niveau d'éducation du gérant) et celles du ménage (la main d'œuvre, les transferts d'argent, les revenus générés hors de l'exploitation) dans toutes les régressions mais d'autres sont différenciées selon la régression. Par exemple, dans les régressions d'engrais (étape 1), nous contrôlons pour l'âge de la parcelle et de l'épandage de fumier,

que nous le supposons, pourrait affecter la demande d'engrais des paysans. L'offre de la main d'œuvre familiale est un intrant complémentaire. Il a été prouvé que la gestion collective ou individuelle de la parcelle est susceptible d'influencer l'allocation d'engrais intra-ménages (Haider et al. 2018). Comparativement, nous supposons que le nombre d'enfants dans le ménage et la taille de l'exploitation pourraient influencer la qualité du régime alimentaire des gérantes de parcelles. Nous contrôlons également pour leur âge étant donné que cela pourrait aussi jouer un rôle dans la composition de leurs régimes alimentaires.

## 4. RÉSULTATS

### 4.1 Qualité du régime alimentaire des femmes rurales

Les scores moyens de diversité alimentaire des femmes du Delta du Niger et du Plateau de Koutiala, qui sont le grenier du Mali, sont indiqués dans les Tableaux 3 et 4. Ils sont pondérés par la probabilité de sélection afin de mieux représenter les moyennes de la population étudiée (les moyennes indiquées dans les Tableaux 1, 2 et 5 sont des moyennes d'échantillon). Globalement, pondérés par probabilité de sélection, 53% des 5930 femmes âgées de 15 à 60 ans ont consommé moins de 5 des 10 groupes d'aliments inclus dans le score minimum de diversité alimentaire adéquat au cours des 24 heures précédant l'entretien. Le pourcentage des femmes tombant en dessous du minimum requis était plus élevé dans les ménages du Plateau que dans ceux du Delta (65% par rapport à 42%, respectivement). Ce score est un indicateur indirect de la probabilité d'adéquation en micronutriments qui constitue une « dimension essentielle de la qualité du régime alimentaire » (FAO et FHI 360 2016: 5).

Les scores moyens de diversité alimentaire des femmes étaient de 4,6 dans le Delta contre 3,9 dans le Plateau. La différence semble représenter une marge importante (un peu plus de la moitié d'un groupe alimentaire supplémentaire). Les statistiques de l'échantillon non pondérées montrent des différences significatives dans les moyennes de 1% avec un test t supposant une variance égale ou inégale. Les différences dans la distribution sous-jacente (le score varie de 0 à 9) sont également significatives à 1% avec un test de Kruskal-Wallis et une statistique de chi-carré. Dans l'ensemble, toutefois, la courbe de la distribution semble normale (Figure 1). Le WDDS est également corrélé avec l'adéquation en micronutriments (ibid.).

Le tableau 5 montre quelques différences observées par subvention d'engrais obtenue uniquement pour les gérantes de parcelles emblavées en cultures ciblées par le programme de subvention. Toutes choses étant égales par ailleurs, le sucre quelle que soit sa forme (aliments, boisson gazeuse ou jus, thé ou café sucrée) est plus susceptible d'avoir été consommé par les femmes gérantes de parcelles ayant bénéficié de subventions. Elles ont également plus de chances de consommer des aliments riches en fer et d'avoir acheté les aliments hors du domicile. Aucune différence n'est observable dans la probabilité de consommer des aliments riches en vitamine A et ces derniers ne sont pas rapportés. Au niveau de la moyenne, il est intéressant également d'observer que les scores MDD\_W et WDDS ne diffèrent pas considérablement selon l'obtention d'engrais subventionnés (et ne sont donc pas rapportés).

## 4.2 Résultats des régressions

Les tests des principales hypothèses de l'étape 1 sont indiqués dans le Tableau 6, notamment les effets de l'engrais subventionné (kg) sur le volume total d'engrais (kg) et l'engrais par hectare tout en contrôlant pour les autres facteurs. Les tests combinés de Wald (chi-carré) des équations montrent une forte signification statistique (moins de 1%). Les valeurs p des variables instrumentales dans la régression de première étape ont une forte signification statistique de moins de 1% avec les signes attendus. Les frais de subvention réduisent la quantité d'engrais subventionné obtenu par le gérant de parcelle tandis que le bon en papier et la combinaison de bon électronique et en papier le relève par rapport à l'utilisation du bon électronique uniquement (4 cas) ou la non utilisation d'aucun des deux (1519 cas). Dans les deux régressions à deux étapes, les résidus de la première étape sont très significatifs, nous amenant à rejeter l'hypothèse nulle de l'exogénéité des subventions dans l'utilisation d'engrais. Comme évidence supplémentaire, dans la régression des variables instrumentales, la statistique de corrélation canonique LM d'Anderson et la statistique de Cragg-Donald Wald F conduisent au rejet d'une sous-identification ou d'une identification faible alors que le test de Sargan n'émet aucun doute sur la validité. Le test de Wu-Hausman conduit également à un rejet de l'hypothèse de l'exogénéité des subventions. Chaque kg d'engrais subventionné augmente de 0,96 kg la quantité totale en kg appliquée par parcelle, augmentant ainsi les kg/ha de 0,28.

Les effets estimés de certains des autres facteurs indiqués dans le Tableau 6 sont intéressants. Les distances des marchés ont un effet négatif même sur les quantités d'engrais subventionnés achetées bien que plus on s'éloigne de Bamako, plus les quantités d'engrais subventionnés sont importantes, suggérant qu'ils parviennent à atteindre les zones plus enclavées. Plus la superficie de la parcelle est grande, plus la quantité d'engrais subventionnés est appliquée et plus la quantité totale d'engrais appliquée élevée mais plus le taux d'engrais par ha est faible. L'âge de la parcelle est positivement corrélé à l'utilisation d'engrais (quantité subventionnée et quantité totale) et la culture intercalaire l'est négativement. Plus la main d'œuvre adulte disponible au sein des ménages est importante, moins les quantités totales d'engrais appliqués aux parcelles sont importantes mais plus les taux totaux d'application d'engrais par ha sont élevés. Le premier résultat montre qu'il y a moins de quantités disponibles par gérant de parcelles individuel ; le deuxième indique que l'engrais exige une main d'œuvre pour son application et les intrants sont complémentaires. Le niveau d'études du gérant de la parcelle est positivement corrélé à l'utilisation d'engrais subventionnés étant donné qu'il permet l'accès aux informations et la compréhension des conditions du programme de subvention. La gestion des parcelles par des individus augmentent les taux d'application par ha, confirmant ainsi les conclusions pour d'autres zones de la Savane soudanienne rapportées par Smale et al. (2019). Les parcelles gérées individuellement sont plus petites que les grands champs gérés collectivement au nom du ménage, contribuant à une production plus intensifiée.

Les tests des principales hypothèses de la 1<sup>ère</sup> étape sont indiqués dans les Tableaux 7 à 9. Les trois premières colonnes du Tableau 7 fournissent des résultats de la première étape de l'équation sous forme réduite prédisant l'utilisation d'engrais par les femmes gérantes de parcelles. Encore une fois, chacune des variables instrumentales sont statistiquement significatives. Dans le deuxième lot de trois colonnes du même tableau, nous voyons que le résidu n'est pas statistiquement significatif. Ainsi, nous ne pouvons pas rejeter l'exogénéité de l'utilisation d'engrais dans le modèle Probit qui explique la diversité alimentaire adéquate des femmes (MDD\_W). Ceci n'est pas surprenant vu que

plusieurs autres facteurs influencent les scores de diversité alimentaire. Les troisième et quatrième lots de colonnes traitent l'utilisation de l'engrais comme étant exogène et nous n'observons pas d'effet significatif du volume en kg d'engrais appliqué dans aucun des deux cas. Des tests conjoints des régresseurs de ces équations confirment la signification statistique à moins de 1%.

Nous n'observons pas non plus de significativité de la quantité totale en kg d'engrais utilisée dans le WDDS (Tableau 8) bien que le taux d'engrais appliqué sur la parcelle (kg/ha) semble être significatif. Le Tableau 8 montre les mêmes modèles estimés avec la régression MCO et Poisson. En termes de signification statistique, les résultats sont similaires entre les formes MCO et Poisson. Selon la mesure de la variable (kg total par rapport au kg/ha), l'utilisation d'engrais semble affecter le montant en franc CFA dépensé en nourriture consommée hors du domicile, les sucreries et les boissons gazeuses ou les jus consommés au cours des 24 heures précédant l'entretien (Tableau 9). Ceux-ci ont été estimés avec régressions Tobit ou Probit. Aucune signification statistique n'a été trouvée pour les effets des kg d'engrais appliqués sur les sources de vitamine A ou de fer. Tous les tests conjoints des régresseurs des Tableaux 8 et 10 indiquent une signification statistique inférieure à 1% et 2% respectivement.

En ce qui concerne certains des autres facteurs qui influencent la diversité alimentaire des femmes gérantes de parcelles au Mali, nous voyons encore une fois que l'emplacement sur le Plateau de Koutiala est associé à une baisse du MDD\_W (colonnes 10 à 12, Tableau 7) et une réduction d'un groupe alimentaire dans le WDDS (Modèles MCO, Tableau 8). La gestion d'une parcelle de mil ou de riz a un effet compensateur sur le WDDS. Comme prévu, les femmes sont plus susceptibles de gérer des parcelles de riz dans le Plateau que dans le Delta et vice versa pour les parcelles de mil qu'elles sont plus susceptibles de gérer dans le Delta que dans le Plateau. Les parcelles de riz du Plateau ne sont pas irriguées et celles de mil du Delta sont généralement situées hors des zones irriguées. La taille de la superficie emblavée par l'EAF dans son ensemble tend à être positivement associée au WDDS, suggérant une certaine richesse mais également la capacité du ménage à cultiver un plus grand éventail de cultures. Les revenus non agricoles ont également un effet positif sur le WDDS. Les variables similaires (la superficie cultivée par l'EAF ainsi que la taille de la parcelle, les revenus non agricoles ainsi que les transferts d'argent reçus) sont significatifs dans les régressions prédisant des effets sur les dépenses en gouters et autres repas consommés hors du domicile ou sur la consommation du sucre.

La dernière étape de l'approche est de calculer l'effet marginal des subventions d'engrais comme produit des effets partiels. En utilisant le WDDS et les kg d'engrais/ha (MCO du Tableau 8) qui, à notre avis, est l'effet le plus fort, l'effet estimé d'1 kg d'engrais subventionné sur la diversité alimentaire n'est que de 0,0002563. En supposant le taux recommandé de 100 kg/ha, ceci équivaldrait à 0,02563 ou seulement 2,5% d'augmentation du nombre de groupes alimentaires consommés. Ainsi, bien qu'il semble statistiquement significatif, l'ordre de grandeur de l'effet semble être négligeable. D'autre part, il convient de rappeler que les instruments d'évaluation de la qualité du régime alimentaire sont eux-mêmes des indicateurs simples à utiliser dans une analyse marginale étant donné qu'ils sont construits comme des décomptes effectués sur relativement très peu de groupes. Nous ne pouvons pas forcément nous attendre à un effet de grande ampleur. Ces indicateurs sont importants du point de vue politique comme le reconnaissent ceux qui l'ont élaboré

(références suscitées) lorsqu'ils sont utilisés pour résumer les informations sur les populations (FAO et FHI 360, 2016).

## **5. CONCLUSIONS ET IMPLICATIONS POUR D'AUTRES TRAVAUX DE RECHERCHE**

Dans ce papier, nous avons testé de manière empirique les effets des subventions d'engrais sur les régimes alimentaires des gérantes de parcelles des ménages agricoles du Mali. Les statistiques sommaires indiquent une probabilité globale extrêmement faible (43%) que les femmes de notre échantillon obtiennent des scores minimaux de diversité alimentaire adéquats, la situation étant encore plus grave sur le Plateau de Koutiala par rapport au Delta du Niger. Nous avons observé que, toutes choses étant égales ailleurs, les gérantes de parcelles emblavées en cultures ciblées avaient plus de chances de consommer des sources d'aliments riches en fer mais également des collations ou repas achetés hors du domicile et riches en sucre par rapport aux autres femmes en âge de reproduction dans les ménages que nous avons enquêtés. Nous avons trouvé que l'effet globale des subventions d'engrais sur la diversité alimentaire des femmes à travers les engrais appliqués sur les parcelles qu'elles géraient était susceptible d'être très limité en terme d'amplitude bien que statistiquement significatif, un kg/ha était corrélé à un changement de score qui est de 2,5% d'un point (groupe alimentaire). Compte tenu de la simplicité de cet indicateur de décompte comme mesure de l'ordre de grandeur, à laquelle s'ajoute la signification statistique du coefficient, nous considérons que cette conclusion mérite un examen plus poussé.

Des femmes ont été interviewées pendant « la période de soudure » lorsque les familles agricoles travaillent également dans leurs champs. Plus de la moitié avaient signalé avoir consommé des fruits ou des plantes sauvages au cours des 24 heures précédant l'entretien et 40% l'ont fait durant sept jours la semaine précédente. Ces aliments sont souvent considérés comme de « la nourriture de famine » bien que les feuilles de baobab et les autres aliments amassés dans les espaces communs situés aux alentours de l'exploitation jouent également un rôle dans le régime habituel de nombreux ménages au Mali. Afin de tester les différences saisonnières, l'équipe envisage de mener des interviews avec un sous-échantillon de l'échantillon global en début 2019. Il est attendu que les différences saisonnières soient importantes bien que cela ne réduise pas pour autant la portée des conclusions de juillet 2018. Un peu plus du tiers (36%) avaient consommé des aliments riches en fer pendant les 24 heures précédant l'enquête, mais seulement 16% avaient consommé des aliments riches en vitamine A.

En outre, jusqu'ici nous n'avons aucune preuve de la consommation significative d'aliments riches en sucre. Seules 7% des femmes avaient consommé de la boisson gazeuse ou du jus sucré au cours des 24 heures précédentes et 79% ont déclaré en consommer ces aliments sucrés tels que la confiture, le miel ou les bonbons ainsi que le sucre rajouté au café ou au thé pendant la même période, mais la catégorie qui était de loin la plus importante était le sucre consommé avec du café ou du thé.

Pour ce qui est de la modélisation économétrique, diverses techniques d'estimation pourraient être utilisées pour contrôler les problèmes potentiels de biais de sélection et d'endogénéité ainsi que pour vérifier la robustesse des résultats dans les futurs travaux de recherche. Le biais de sélection peut survenir si certains individus/ménages étaient ciblés ou s'étaient auto-sélectionnés dans le programme de subventions aux engrais. L'appariement, l'ajustement de régression et les méthodes de substitution endogènes pourraient être envisagés. Un cadre de modèle de traitement serait possible en fonction du processus sous-jacent de génération de données (par ex, Gine et al. 2015).

Outre une analyse plus approfondie de la qualité du régime alimentaire des femmes agricultrices maliennes avec ces données et une analyse supplémentaire des impacts des subventions aux engrais, nous envisageons d'examiner la transformation diététique au Mali en utilisant des données de plus grande échelle.

## 6. BIBLIOGRAPHIE

- Arimond, M., Wiesmann, D., Becquey, C., Carriquiry, A., Daniels, M.C., Deitchler, M., Fanou-Fogny, N., Joseph, M.L., Kennedy, G., Martin-Prevel, Y., and Torheim, L.E. 2010. Simple Food Group Diversity Indicators Predict Micronutrient Adequacy of Women's Diets in 5 Diverse, Resource-Poor Settings. *The Journal of Nutrition* 140:2059S-2069S.
- Becquey, E. and Yves Martin-Prével. 2010. Micronutrient adequacy of women's diet in urban Burkina Faso is low. *The Journal of Nutrition Supplement—Developing Simple Measures of Women's Diet Quality in Developing Countries: Methods and Findings*. 2079S-2085S. doi:10.3945/jn.110.123356.
- Chirwa, E. W., Mvula, P. M., Dorward, A., and Matita, M. 2011. Gender and Intra-Household Use of Fertilizers in the Malawi Farm Input Subsidy Programme. FAC Working Paper 28.
- Committee on World Food Security. 2012. Coming to Terms with Terminology: Food Security, Nutrition Security, Food Security and Nutrition, and Food and Nutrition Security. Thirty-Ninth Session, Rome, Italy.
- Druilhe, Z. and J. Barreiro-Hurlé. 2012. Fertilizer Subsidies in Sub-Saharan Africa. SA Working Paper No. 12-04. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy.
- Fisher, M. and V. Kandiwa. 2014. Can Agricultural Input Subsidies Reduce the Gender Gap in Modern Maize Adoption? Evidence from Malawi. *Food Policy* 45: 101-111.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) and FHI 360. 2016. Minimum Dietary Diversity for Women: A Guide for Measurement. Rome: FAO.
- Gautam, M. 2015. Agricultural Subsidies: Resurging Interest in a Perennial Debate. *Indian Journal of Agricultural Economics*. Volume 70 (1): Jan-March.
- Gine, X., S. Patel, C. Cuellar-Martinez, S. McCoy and R. Lauren. 2015. Enhancing Food Production and Food Security through Improved Inputs: An Evaluation of Tanzania's National Agricultural Input Voucher Scheme with a Focus on Gender Impacts. 3ie Impact Evaluation Report 23. New Delhi: International Initiative for Impact Evaluation.
- Global Panel on Agriculture and Food Systems for Nutrition (GLOPAN). 2016. Food systems and diets: Facing the challenges of the 21st century. London, UK.
- Haider, H. 2018. Intensification and Asset Dynamics: Intrahousehold Decision-making in Burkina Faso. Dissertation. Department of Agricultural, Food, and Resource Economics, Michigan State University.
- Jayne, T., Mason, N., Burke, W.J., and Ariga, J. 2018. Taking Stock of Africa's Second-Generation Agricultural Input Subsidy Programs. *Food Policy*, 75: 1-14.
- Jayne, T.S., and S. Rashid. 2013. Input Subsidy Programs in sub-Saharan Africa: A Synthesis of Recent Evidence. *Agricultural Economics* 44 (6): 547-562.
- Karamba, R.W. 2013. Input Subsidies and Their Effect on Cropland Allocation, Agricultural Productivity, and Child Nutrition: Evidence from Malawi. Dissertation. Department of Economics, American University.
- Karamba, R.W. and P.C. Winters. 2015. Gender and Agricultural Productivity: Implications of the Farm Input Subsidy Program in Malawi. *Agricultural Economics* 46: 357-374.
- Kato, T. and Greeley, M. 2016. Agricultural Input Subsidies in Sub-Saharan Africa, *IDS Bulletin*, 47(2):33-48.

- Kennedy, G., Ballard, T. and Dop, M-C. 2013. Guidelines for Measuring Household and Individual Dietary Diversity. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- Kennedy, G., N. Fanou, C. Seghieri and I.D. Brouwer. 2009. Dietary Diversity as a Measure of the Micronutrient Adequacy of Women's Diets: Results from Bamako, Mali site. Food and Nutrition Technical Assistance Project-2 (FANTA-2), Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- Leroy, J.L., Ruel, M. Frongillo, E.A., Harris, J. and Ballard, T.J. 2015. Measuring the Food Access Dimension of Food Security: A Critical Review and Mapping of Indicators. *Food and Nutrition Bulletin*. 36(2): 167-195.
- Martin-Prével, Y., P. Allemand, D. Wiesmann, M. Arimond, T. Ballard, M. Deitchler, M.-C. Dop, G. Kennedy, W.T. Lee, and M. Moursi. 2015. Moving Forward on Choosing a Standard Operational Indicator of Women's Dietary Diversity. Rome: FAO.
- Mason, N. and M. Smale. 2013. Impacts of Subsidized Hybrid Seed on Indicators of Economic Well-Being among Smallholder Maize Growers in Zambia. *Agricultural Economics* 44(6): 659-670.
- Morris, M, V. A. Kelly, R. J. Kopicki, and D. Byerlee. 2007. Fertilizer Use in African Agriculture: Lessons Learned and Good Practice Guidelines. Washington, D.C.: World Bank.
- Ruel, M. T., Harris, J., and Cunningham, K. (2013). Diet Quality in Developing Countries. In V. R. Preedy, L.-A. Hunter, & V. B. Patel (Eds.), *Diet Quality* (pp. 239–261). New York, NY: Springer New York.
- Savy M., Martin-Prével Y., Traissac P., Eymard-Duverney, S. and Delpuech F. 2006 Dietary diversity scores and nutritional status of women change during the seasonal food shortage in rural Burkina Faso. *The Journal of Nutrition* 2625-2632.
- Singh, I., L. Squire, and J. Strauss (eds.). 1986. *Agricultural household models : extensions, applications, and policy*. Baltimore, MD : The Johns Hopkins University Press.
- Smale, M.S. and Theriault, V. (2019). A Cross-Country Synopsis of Fertilizer Subsidy Programs in Sub-Saharan Africa. Feed the Future Innovation Lab for Food Security Policy, Research Paper 124, Michigan State University, East Lansing.
- Smale, M.S., Theriault, V., Haider, H., Kergna, A. (2019). Intrahousehold Productivity Differentials and Land Quality in the Sudan Savanna of Mali. *Land Economics*. 95(1): 54-70.
- Smith, L.C. and Subandoro, A. (2007). Measuring food security using household expenditure surveys. IFPRI, *Food Security in Practice Technical Guide Series*.
- Snapp, S.S. and Fisher, M. 2015. “Filling the Maize Basket” Supports Crop Diversity and Quality of Household Diet in Malawi. *Food Security*, 7:83-96.
- Spigelski, D. 2004. Dietary Diversity and Nutrient Adequacy in Women of Childbearing Age In a Senegalese Peri-urban Community Dietary Diversity and Nutrient Adequacy In Women of Childbearing Age In a Senegalese Peri-urban Community. MSc thesis, McGill University.
- Steyn, N., Nel, J.H., Nantel, G., Kennedy, G., and Labadarios, D. 2006. Food Variety and Dietary Diversity Scores in Children: Are They Good Indicators of Dietary Adequacy? *Public Health Nutrition* 9:644-650.
- Theriault, V., Vroegindewey, R., Assima, A., and Keita, N. 2018b. Retailing of Processed Dairy and Grain Products in Mali: Evidence from a City Retail Outlet Inventory, *Urban Science*, 2(1):1-24.
- UNICEF. 2015. UNICEF’s Approach to Scaling up Nutrition for Mothers and their Children. Discussion paper. Programme Division, UNICEF, New York, June 2015.

- Walls, H.L., D. Johnston, M. Tak, J. Dixon, J. Hanefeld, E. Hull, R. D. Smith. 2018. The impact of agricultural input subsidies on food and nutrition security: a systematic review. *Food Security*. <https://doi.org/10.1007/s12571-018-0857-5>.
- Wanzala-Mlobela, M., Fuentes, P., and Mkumbwa, S. 2013. Practices and Policy Options for the Improved Design and Implementation of Fertilizer Subsidy Programs in sub-Saharan Africa. NEPAD Agency Policy Study, A joint publication by the NEPAD Planning and Coordinating Agency (NPCA), the United Nations Food and Agriculture Organization, and the International Fertiliser and Development Centre (IFDC).

Tableau 1. Variables sur la qualité du régime alimentaire : définitions et statistiques descriptives

| Variable               | Définition   | Moyenne   | Ecart type | Minimum | Maximum |
|------------------------|--|-----------|------------|---------|---------|
| MDD_W                  | Score de diversité alimentaire minimal (voir texte)  | 0.4323777 | 0.4954479  | 0       | 1       |
| WDDS                   | Score de diversité alimentaire minimum (voir texte)  | 4.217201  | 1.564827   | 0       | 9       |
| Coûts externes         | Montant en FCFA dépensé pour l'achat de collations ou repas hors du domicile au cours des 24 heures précédant l'entretien    | 35.9199   | 155.254    | 0       | 4000    |
| Boisson gazeuse ou jus | Boisson sucrée consommée au cours des 24 heures précédant l'entretien  | 0.0730185 | 0.2601889  | 0       | 1       |
| Sucres                 | Confiture, bonbon, boisson gazeuse ou jus ou sucre dans le café le thé consommé au cours des 24 heures précédant l'entretien | 0.7935919 | 0.4047609  | 0       | 1       |
| Fer                    | Aliments riches en fer consommés (viandes)   | 0.3512648 | 0.4774058  | 0       | 1       |
| Vitamine A             | Aliments riches en vitamine A consommés (patate douce, légumes et fruits oranges ou rouges, huile de palme rouge)            | 0.1642496 | 0.3705331  | 0       | 1       |

Source : Auteurs, tirées de données collectées par l'IER/MSU en 2017-18. Statistiques de l'échantillon. Nombre de femmes en âge de reproduction= 5930.

Tableau 2. Variables explicatives : définitions et statistiques descriptives

|  | Définition  | moyenne | Écart-<br>type | min   | max   |
|--|---|---------|----------------|-------|-------|
| <i>Variables endogènes</i>                   |   |         |                |       |       |
| Engrais subventionné                         | engrais (kg) achetés à un prix subventionné                     | 249     | 371            | 0     | 2200  |
| Engrais                                      | engrais (kg) appliqué sur la culture                            | 155     | 163            | 0     | 959   |
| Engrais par ha                               | engrais kg/ha appliqué à la culture                             | 272     | 376            | 0     | 2250  |
| <i>Instruments</i>                           |   |         |                |       |       |
| Bon en papier                                | Bon en papier reçu (1=oui, 0=non)                               | 0.798   | 0.402          | 0     | 1     |
| Bon en papier et électronique                | Bon électronique et en papier reçu (1=oui, 0=non)               | 0.0367  | 0.188          | 0     | 1     |
| Frais de subvention                          | FCFA versé pour bénéficier d'une subvention                     | 498     | 2685           | 0     | 25000 |
| Parcelle irriguée à l'eau de pluie           | la pluie est source d'eau dans la parcelle=1, 0 autrement       | 0.774   | 0.418          | 0     | 1     |
| Problème d'eau                               | l'accès à l'eau dans la parcelle est un problème=1, 0 autrement | 0.0820  | 0.274          | 0     | 1     |
| Sécheresse                                   | la parcelle a subi la sécheresse ces 3 dernières années         | 0.660   | 0.474          | 0     | 1     |
| <i>Autres variables exogènes</i>             |   |         |                |       |       |
| Koutiala                                     | zone agro écologique du plateau de Koutiala=1, Delta du Niger=0 | 0.619   | 0.486          | 0     | 1     |
| Parcelle de sorgho                           | parcelle de sorgho=1, 0 autrement                               | 0.172   | 0.377          | 0     | 1     |
| Parcelle de riz                              | parcelle de riz=1, 0 autrement                                  | 0.296   | 0.457          | 0     | 1     |
| Parcelle de coton-maïs                       | parcelle de rotation coton-maïs=1, 0 autrement                  | 0.152   | 0.359          | 0     | 1     |
| Parcelle de mil                              | parcelle de mil=1, 0 autrement                                  | 0.215   | 0.411          | 0     | 1     |
| Office du Niger                              | encadré par l'Office du Niger                                   | 0.220   | 0.414          | 0     | 1     |
| Interaction parcelle de riz-ON               | interaction de la parcelle de riz avec l'Office du Niger        | 0.184   | 0.387          | 0     | 1     |
| CMDT   | encadré par CMDT  | 0.412   | 0.492          | 0     | 1     |
| Interaction coton-CMDT                       | interaction de la parcelle de coton avec Office du Niger        | 0.109   | 0.312          | 0     | 1     |
| Distance du marché                           | distance moyenne par rapport aux marchés d'engrais (km)         | 5.13    | 12.1           | 0     | 500   |
| Distance du magasin                          | Distance par rapport au magasin d'intrants le plus proche (km)  | 2.88    | 15.2           | 0     | 142   |
| Route goudronnée                             | distance par rapport à la route goudronnée (km)                 | 17.45   | 18.7           | 0     | 95    |
| Bamako                                       | distance par rapport à Bamako (km)                              | 396     | 88.4           | 183   | 826   |
| Microfinance                                 | nombre d'organisations de microfinance du village               | 0.161   | 0.622          | 0     | 6     |
| Superficie de la parcelle                    | mesurée (ha) par GPS pendant la saison d'enquête                | 2.04    | 1.95           | 0     | 13.23 |
| Parcelle recevant des cultures intercalaires | emblavée en culture intercalaire=1, 0 autrement                 | 1.12    | 0.320          | 1     | 2     |
| Age de la parcelle                           | âge de la parcelle (années)                                     | 18.3    | 13.8           | 0     | 99    |
| Engrais biologique                           | fumier appliqué (kg)  | 77.6    | 877            | 0     | 30000 |
| Education                                    | niveau d'instruction (de 16) du gérant de la parcelle           | 1.52    | 3.03           | 0     | 16    |
| Age  | âge du gérant de la parcelle                                    | 43.7    | 13.3           | 15    | 94    |
| Gestion de la parcelle                       | parcelle collective=1, 0 autrement                              | 0.903   | 0.296          | 0     | 1     |
| Main d'œuvre                                 | Nombre de membres adultes de la famille /ha (EAF)               | 1.25    | 2.24           | 0.072 | 93.3  |

|                          | Définition  | moyenne | Écart-<br>type | min  | max      |
|--------------------------|---|---------|----------------|------|----------|
| Transferts               | transferts totaux reçus par les membres de la famille hors du domicile, l'année précédente          | 35965   | 114464         | 0    | 2050000  |
| Revenus non agricoles    | revenus non agricoles totaux des membres de la famille résident dans le domicile l'année précédente | 88822   | 393838         | 0    | 1.03E+07 |
| Taille de l'exploitation | Superficie total emblavée par l'EAF (ha)  | 13.0    | 12.3           | 0.12 | 188      |
| Enfants                  | Nombre d'enfants dans l'EAF   | 8.13    | 5.47           | 0    | 32       |

Source : Auteurs, tirées des données collectées par l'IER/MSU en 2017-18. Nombre total de parcelles=9194, ménages=2400. Echantillon de statistiques (non pondéré). Remarque : EAF = Exploitation familiale agricole

Tableau 3. Scores de diversité alimentaire minimal adéquat des femmes, par zone agro écologique

| Zone agro écologique | MDD_W |      | Total |
|----------------------|-------|------|-------|
|                      | 0     | 1    |       |
| Delta du Niger       | 1044  | 1442 | 2486  |
|                      | 42    | 58   | 100   |
| Plateau de Koutiala  | 2239  | 1205 | 3444  |
|                      | 65    | 35   | 100   |
| Total                | 3143  | 2787 | 5930  |
|                      | 57    | 43   | 100   |

Proportions pondérées. Aucun test statistique possible.

Avec des proportions d'échantillon, Pearson  $\chi^2(1) = 751.7102$  Pr = 0.000

Source : Auteurs, tirées de données collectées par l'IER/MSU en 2017-18.

Tableau 4. Scores de diversité alimentaire des femmes, par zone agro écologique

| Zone agro écologique | WDDS    |      |
|----------------------|---------|------|
|                      | moyenne | n    |
| Delta du Niger       | 4.55    | 2486 |
| Plateau de Koutiala  | 3.97    | 3444 |
| Total                | 4.28    | 5930 |

Moyennes pondérées. Aucun test statistique possible

La différence du test des moyennes avec les moyennes d'échantillon montre une signification statistique inférieure à 1% en supposant des variances soit égales soit inégales. Le test chi-carré de Kruskal-Wallis montre des distributions sous-jacentes statistiquement différentes.

Source : Auteurs, tirées de données collectées par l'IER/MSU en 2017-18.

Tableau 5. Consommation de certains aliments dans les 24 heures précédant l'enquête, par réception d'engrais subventionné

| Engrais subventionné reçu | Boissons et aliments sucrés |              |                                  | Sources d'aliments riches en fer |              |                                  | Aliments achetés hors du domicile |             |                                  |
|---------------------------|-----------------------------|--------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------|----------------------------------|-----------------------------------|-------------|----------------------------------|
|                           | Non                         | Oui          | Toutes les gérantes de parcelles | Non                              | Oui          | Toutes les gérantes de parcelles | Non                               | Oui         | Toutes les gérantes de parcelles |
| Non                       | 84<br>25.61                 | 244<br>74.39 | 328<br>100                       | 232<br>70.73                     | 96<br>29.27  | 328<br>100                       | 294<br>89.63                      | 34<br>10.37 | 328<br>100                       |
| Oui                       | 18<br>16.22                 | 93<br>83.78  | 111<br>100                       | 59<br>53.15                      | 52<br>46.85  | 111<br>100                       | 87<br>78.38                       | 24<br>21.62 | 111<br>100                       |
| Total                     | 102<br>23.23                | 337<br>76.77 | 439<br>100                       | 291<br>66.29                     | 148<br>33.71 | 439<br>100                       | 381<br>86.79                      | 58<br>13.21 | 439<br>100                       |

Pearson chi2(1) = 4.1029 Pr = 0.043

Pearson chi2(1) = 11.4676 Pr = 0.001

Pearson chi2(1) = 9.1634 Pr = 0.002

Remarque : ne comprend que le sous-échantillon des gérantes de parcelle cultivant les plantes ciblées par les subventions pour l'achat d'engrais. Statistiques de l'échantillon.

Source : Auteurs, tirées de données collectées par l'IER/MSU en 2017-18.

Tableau 6. Effets des engrais subventionnés sur l'utilisation d'engrais par les gérants de parcelles

| Variables explicatives                       | Modèle Tobit de forme réduite de première étape |     |          | Modèle Tobit structurel de seconde étape expliquant l'utilisation totale d'engrais (kg) |     |          | Modèle Tobit structurel de seconde étape expliquant l'utilisation d'engrais (kg/ha) |     |          |
|--|---|-----|----------|---|-----|----------|---|-----|----------|
|  | Effets partiels moyens                          | sig | Valeur p | Effets partiels moyens  | sig | Valeur p | Effets partiels moyens  | Sig | Valeur p |
| <i>Variables endogènes</i>                   |   |     |          |   |     |          |   |     |          |
| Engrais subventionné                         |   |     |          | 0.962   | *** | 0.000    | 0.275   | *** | 0.000    |
| Valeur résiduelle étape 1                    |   |     |          | 0.0319  | **  | 0.014    | -0.085  | *** | 0.000    |
| <i>Instruments</i>                           |   |     |          |   |     |          |   |     |          |
| Bon en papier                                | 623   | *** | 0.000    |   |     |          |   |     |          |
| Bon en papier et électronique                | 690   | *** | 0.000    |   |     |          |   |     |          |
| Frais de subvention                          | -0.0051068                                      | *** | 0.008    |   |     |          |   |     |          |
| <i>Autres variables exogènes</i>             |   |     |          |   |     |          |   |     |          |
| Koutiala                                     | 48.6  | **  | 0.041    | 28.3  | *** | 0.000    | 15.4  | *   | 0.085    |
| Parcelle de sorgho                           | -323  | *** | 0.000    | -78.8   | *** | 0.000    | -89.0   | *** | 0.000    |
| Parcelle de riz                              | 125   | *** | 0.000    | 50.5  | *** | 0.000    | 69.6  | *** | 0.000    |
| Parcelle de coton-maïs                       | 370   | *** | 0.000    | 44.9  | *** | 0.000    | 28.2  | *** | 0.002    |
| Office du Niger                              | -880  | *** | 0.000    | -228  | *** | 0.000    | -114  | *** | 0.000    |
| Interaction parcelle de riz-ON               | 1122  | *** | 0.000    | 269   | *** | 0.000    | 144   | *** | 0.000    |
| CMDT   | 69.1  | *** | 0.000    | 10.73   | **  | 0.047    | 14.8  | **  | 0.017    |
| Interaction coton-CMDT                       | -41.8   | *   | 0.085    | -15.9   | *   | 0.082    | -18.9   | **  | 0.035    |
| Marché                                       | -2.65   | *** | 0.001    | -0.123  |     | 0.582    | 0.136   |     | 0.686    |
| Distance du magasin                          | -2.54   | *** | 0.000    | -0.015  |     | 0.905    | -0.181  |     | 0.250    |
| Route goudronnée                             | 0.412   |     | 0.280    | -0.221  |     | 0.130    | -0.444  | *** | 0.000    |
| Bamako                                       | 0.341   | *** | 0.000    | 0.039   |     | 0.175    | -0.039  |     | 0.244    |
| Microfinance                                 | 8.30  |     | 0.522    | 18.7  | *** | 0.000    | 8.2   | **  | 0.029    |
| Superficie de la parcelle                    | 88.9  | *** | 0.000    | 14.60   | *** | 0.000    | -49.1   | *** | 0.000    |
| Parcelle recevant des cultures intercalaires | -121  | *** | 0.000    | -20.7   | *** | 0.008    | -2.2  |     | 0.777    |
| Age de la parcelle                           | 1.82  | *** | 0.000    | 0.293   | *   | 0.069    | -0.156  |     | 0.274    |
| Engrais biologique                           | 0.00185   |     | 0.867    | 0.00252   |     | 0.317    | 0.00204   |     | 0.236    |
| Main d'œuvre                                 | -4.71   | *** | 0.004    | 0.36  |     | 0.599    | 3.74  | *** | 0.004    |
| Education                                    | 5.44  | *** | 0.001    | 0.56  |     | 0.336    | 0.27  |     | 0.671    |
| Gestion de la parcelle                       | -14.1   |     | 0.519    | 10.6  |     | 0.113    | 23.1  | *** | 0.005    |
| Transferts                                   | -0.0000412                                      |     | 0.365    | -0.0000283  | **  | 0.023    | -0.0000223  | *   | 0.082    |
| Revenus non agricoles                        | 0.0000037                                       |     | 0.784    | 0.0000075   |     | 0.210    | 0.0000056   |     | 0.328    |
| Constante                                    | -769  | *** | 0.000    | -68.49  | *** | 0.000    | 119   | *** | 0.000    |
| Observations                                 | 8,731   |     |          |   |     |          | 8,728   |     |          |

Toutes les erreurs regroupées par ménage. Le test conjoint des régresseurs montre une signification statistique  $< 1\%$  dans tous les cas. Source : Auteurs, tirées de données collectées par l'IER/MSU en 2017-18.

Tableau 7. Effets de l'utilisation d'engrais sur la qualité du régime alimentaire (Scores de diversité alimentaire minimum) des gérantes de parcelles

| Variables explicatives                       | Modèle Tobit de forme réduite de première étape |     |          | Modèle structurel Probit de deuxième étape |     |          | Total engrais (kg) du modèle Probit MDD_W |     |         | Engrais (kg/ha) du modèle Probit MDD_W |     |          |
|--|---|-----|----------|--|-----|----------|---|-----|---------|--|-----|----------|
|  | Effets partiels moyens                          | sig | Valeur p | Effets marginaux                           | sig | Valeur p | Effets marginaux                          | Sig | p-value | Effets marginaux                       | Sig | Valeur p |
| <i>Variable endogène</i>                     |   |     |          |  |     |          |   |     |         |  |     |          |
| Engrais (kg)                                 |   |     |          | 0.0006825                                  |     | 0.245    | 0.0007027                                 |     | 0.222   |  |     |          |
| Engrais (kg/ha)                              |   |     |          |  |     |          |   |     |         | 0.0002164                              |     | 0.269    |
| Valeur résiduelle étape 1                    |   |     |          | -0.0000996                                 |     | 0.873    |   |     |         |  |     |          |
| <i>Instruments</i>                           |   |     |          |  |     |          |   |     |         |  |     |          |
| Parcelle irriguée à l'eau de pluie           | -586.67   | *** | 0.000    |  |     |          |   |     |         |  |     |          |
| Problème d'eau                               | -35.58  | *   | 0.070    |  |     |          |   |     |         |  |     |          |
| Sécheresse                                   | -33.12  | *** | 0.003    |  |     |          |   |     |         |  |     |          |
| <i>Autres variables exogènes</i>             |   |     |          |  |     |          |   |     |         |  |     |          |
| Koutiala                                     | 252.11  | *** | 0        | 29.62                                      | *** | 0.000    | 16.32                                     | *   | 0.077   | -0.38                                  | *** | 0.000    |
| Parcelle de riz                              | -364.36   | *** | 0.000    | 49.57                                      | *** | 0.000    | 78.76                                     | *** | 0.000   | 0.20                                   | **  | 0.036    |
| Parcelle de sorgho                           | -610.36   | *** | 0.000    | -77.31                                     | *** | 0.000    | -92.50                                    | *** | 0.000   | 0.10                                   |     | 0.325    |
| Parcelle de mil                              | -547.28   | *** | 0.000    | -277.87                                    | *** | 0.000    | -55.09                                    | *   | 0.083   | 0.22                                   | **  | 0.024    |
| Distance du magasin                          | -1.08   | **  | 0.022    | -0.032                                     |     | 0.803    | -0.141                                    |     | 0.386   | -0.012                                 | **  | 0.050    |
| Route goudronnée                             | 0.546   | *   | 0.075    | -0.227                                     | *   | 0.064    | -0.492                                    | *** | 0.000   | -0.003                                 | **  | 0.037    |
| Bamako                                       | 0.255   | *** | 0.000    | 0.043                                      |     | 0.133    | -0.055                                    |     | 0.109   | 0.000                                  |     | 0.998    |
| Microfinance                                 | -1.433  |     | 0.834    | 19.50                                      | *** | 0.000    | 8.46                                      | *   | 0.051   | 0.11                                   |     | 0.123    |
| Superficie de la parcelle                    | 48.68   | *** | 0.000    | 11.00                                      | *** | 0.000    | -30.09                                    | *** | 0.000   | 0.02                                   |     | 0.487    |
| Parcelle recevant des cultures intercalaires | -93.51  | *** | 0.000    | -23.66                                     | *** | 0.001    | 0.330                                     |     | 0.968   | 0.007                                  |     | 0.919    |
| Education                                    | 3.2250557                                       | **  | 0.045    | 0.55                                       |     | 0.350    | 0.29                                      |     | 0.657   | 0.01                                   |     | 0.631    |
| Age  | 0.93  | **  | 0.012    | 11.35                                      | *   | 0.088    | 15.88                                     | *   | 0.065   | 0.00                                   |     | 0.762    |
| Enfants                                      | 2.91  | **  | 0.013    | 0.325                                      | **  | 0.049    | -0.349                                    | **  | 0.022   | -0.002                                 |     | 0.729    |
| Taille de l'exploitation                     | 1.35  | *   | 0.099    | 0.012                                      | *   | 0.08     | 0.0124816                                 | *   | 0.081   | 0.00                                   | *   | 0.093    |
| Transferts reçus par le ménage               | -0.0000292                                      |     | 0.603    | -0.00003                                   | **  | 0.015    | -0.0000269                                | *   | 0.082   | 0.000000237                            |     | 0.509    |
| Revenus non agricoles des ménages            | 0.0000151                                       |     | 0.442    | 0.000008                                   |     | 0.178    | 0.0000039                                 |     | 0.492   | 0.00000123                             | *** | 0.011    |
| Constante                                    | 620.31921                                       | *** | 0.000    | -65.140457                                 | *** | 0.000    | 106.51981                                 | *** | 0.000   | 0.00000123                             |     | 0.940    |
| Observations                                 | 439   |     |          | 439  |     |          | 439                                       |     |         | 439                                    |     |          |

Toutes les erreurs regroupées par ménage. Le test conjoint des régresseurs montre une signification statistique  $< 1\%$  dans tous les cas. Source : Auteurs, tirées de données collectées par l'IER/MSU en 2017-18.

Tableau 8. Effets de l'utilisation d'engrais sur la qualité du régime alimentaire (Score de diversité alimentaire des femmes) des gérantes de parcelles

| Variables explicatives                       | Modèle OLS |     |          | Poisson                |     |          | Modèle OLS |     |          | Poisson                |     |          |
|--|------------|-----|----------|------------------------|-----|----------|------------|-----|----------|------------------------|-----|----------|
|  | Coéff.     | sig | Valeur p | Effets partiels moyens | sig | Valeur p | Coéff.     | sig | Valeur p | Effets partiels moyens | sig | Valeur p |
| Engrais (kg)                                 | 0.000731   |     | 0.211    | 0.0001618              |     | 0.22     |            |     |          |                        |     |          |
| Engrais (kg/ha)                              |            |     |          |                        |     |          | 0.001105   | **  | 0.045    | 0.0002643              | **  | 0.042    |
| Koutiala                                     | -1.23      | *** | 0.000    | -0.29                  | *** | 0.000    | -1.26      | *** | 0.00     | -0.30                  | *** | 0.00     |
| Parcelle de riz                              | 1.039      | *** | 0.004    | 0.267                  | *** | 0.007    | 0.948      | *** | 0.01     | 0.242                  | **  | 0.01     |
| Parcelle de sorgho                           | 0.448      |     | 0.118    | 0.116                  |     | 0.132    | 0.429      |     | 0.12     | 0.109                  |     | 0.14     |
| Parcelle de mil                              | 0.637      | **  | 0.015    | 0.163                  | **  | 0.017    | 0.623      | **  | 0.01     | 0.158                  | **  | 0.01     |
| Distance du magasin                          | 0.00758    |     | 0.688    | 0.00119                |     | 0.802    | 0.00453    |     | 0.813    | 0.00035                |     | 0.941    |
| Route goudronnée                             | -0.00607   |     | 0.107    | -0.00167               | *   | 0.098    | -0.00577   |     | 0.123    | -0.00159               |     | 0.113    |
| Bamako                                       | -0.00081   |     | 0.557    | -0.00021               |     | 0.576    | -0.00083   |     | 0.548    | -0.00022               |     | 0.566    |
| Microfinance                                 | 0.199      |     | 0.401    | 0.056                  |     | 0.321    | 0.207      |     | 0.38     | 0.059                  |     | 0.29     |
| Superficie de la parcelle                    | 0.002      |     | 0.983    | 0.002                  |     | 0.900    | 0.074      |     | 0.36     | 0.018                  |     | 0.33     |
| Parcelle recevant des cultures intercalaires | 0.187      |     | 0.322    | 0.043                  |     | 0.343    | 0.163      |     | 0.382    | 0.038                  |     | 0.389    |
| Education                                    | -0.03535   |     | 0.649    | -0.00990               |     | 0.651    | -0.04044   |     | 0.60     | -0.01147               |     | 0.60     |
| Age  | -0.00038   |     | 0.957    | -0.00015               |     | 0.925    | -0.00093   |     | 0.89     | -0.00031               |     | 0.85     |
| Enfants                                      | -0.00354   |     | 0.814    | -0.00062               |     | 0.855    | -0.00356   |     | 0.810    | -0.00064               |     | 0.849    |
| Taille de l'explication                      | 0.01834    | **  | 0.013    | 0.00422                | *** | 0.007    | 0.01689    | **  | 0.01     | 0.00384                | *** | 0.01     |
| Transferts                                   | 0.0000004  |     | 0.800    | 0.0000001              |     | 0.819    | 0.0000005  |     | 0.742    | 0.0000001              |     | 0.768    |
| Revenus non agricoles                        | 0.0000052  | *** | 0.000    | 0.0000011              | *** | 0.000    | 0.0000051  | *** | 0        | 0.0000011              | *** | 0        |
| Constante                                    | 4.01       | *** | 0.000    | 1.38                   | *** | 0.000    | 4.04       | *** | 0        | 1.39                   | *** | 0        |
| Observations                                 | 439        |     |          | 439                    |     |          | 439        |     |          | 439                    |     |          |

Toutes les erreurs regroupées par ménage. Le test conjoint des régresseurs des modèles OLS montre une signification statistique < 1% dans tous les cas. Source : Auteurs, tirées de données collectées par l'IER/MSU en 2017-18.

Tableau 9a. Effets de l'utilisation d'engrais sur les autres indicateurs de qualité du régime alimentaire des gérantes de parcelles

| Variables explicatives                       | FCFA dépensé dans la collation ou le repas consommé hors du domicile (Tobit) |     |          | FCFA dépensé sur le gouter ou le repas consommé hors du domicile (Tobit) |     |          | Modèle Probit (boisson gazeuse ou jus) |     |          | Modèle Probit (boisson gazeuse ou jus) |     |          |
|--|--|-----|----------|--|-----|----------|--|-----|----------|--|-----|----------|
|  | Effets marginaux   | sig | Valeur p | Effets marginaux   | sig | Valeur p | Effets marginaux                       | sig | Valeur p | Effets marginaux                       | sig | Valeur p |
| Engrais (kg)                                 | 0.0658   |     | 0.707    |  |     |          | 0.0014                                 | *** | 0.006    |  |     |          |
| Engrais (kg/ha)                              |  |     |          | 0.1  | *** | 0.005    |  |     |          | -0.000660                              |     | 0.619    |
| Koutiala                                     | 22.0   |     | 0.821    | -7.60  |     | 0.646    | -0.668                                 | *   | 0.065    | -0.708                                 | *   | 0.052    |
| Parcelle de riz                              | 154.8  |     | 0.166    | 16.8   |     | 0.924    | 0.434                                  |     | 0.197    | 0.227                                  |     | 0.507    |
| Parcelle de sorgho                           | 39.4   |     | 0.734    | 7.59   | *   | 0.098    | 0.133                                  |     | 0.837    | -0.320                                 |     | 0.618    |
| Parcelle de mil                              | 31.9   |     | 0.808    | 1.77   |     | 0.339    | 0.735                                  |     | 0.160    | 0.254                                  |     | 0.603    |
| Distance du magasin                          | 4.09   |     | 0.555    | 0.53   |     | 0.341    | -0.0170                                |     | 0.567    | -0.031                                 |     | 0.345    |
| Route goudronnée                             | -2.70  | *   | 0.073    | -0.105   |     | 0.583    | -0.0346                                | *** | 0.002    | -0.0312                                | *** | 0.003    |
| Bamako                                       | 0.436  |     | 0.371    | 0.052  | *   | 0.101    | -0.000199                              |     | 0.947    | -0.0005                                |     | 0.861    |
| Microfinance                                 | 42.7   |     | 0.609    | -1.0   |     | 0.319    | 0.139                                  |     | 0.690    | 0.132838                               |     | 0.711    |
| Superficie de la parcelle                    | 35.4   | *   | 0.059    | 3.933  |     | 0.504    | -0.001903                              |     | 0.983    | 0.195                                  | **  | 0.025    |
| Parcelle recevant des cultures intercalaires | 104.4  |     | 0.158    | 4.074  |     | 0.503    | -0.249                                 |     | 0.523    | -0.376996                              |     | 0.336    |
| Education                                    | 2.11   |     | 0.872    | -0.79  |     | 0.949    | 0.0206                                 |     | 0.786    | 0.005487                               |     | 0.949    |
| Age  | 1.36   |     | 0.621    | 0.099  |     | 0.908    | -0.001846                              |     | 0.825    | 0.0013                                 |     | 0.879    |
| Taille de l'exploitation                     | -0.934   |     | 0.706    | -0.314   | *** | 0.004    | 0.005087                               |     | 0.515    | 0.002063                               |     | 0.805    |
| Enfants                                      | -0.369   |     | 0.943    | -0.032   |     | 0.154    | 0.008955                               |     | 0.687    | 0.008                                  |     | 0.721    |
| Transferts                                   | 0.0006731  | *   | 0.064    | 0.0001749  |     | 0.743    | 0.000003                               | *   | 0.073    | 0.000003                               | *   | 0.050    |
| Revenus non agricoles                        | 0.0007484  | *** | 0.007    | 0.0001329  | *   | 0.061    | 0.0000017                              |     | 0.131    | 0.0000017                              |     | 0.144    |
| Constante                                    | -843.1   | *** | 0.006    | -20.117279   |     | 0.007    | -1.331                                 |     | 0.369    | -0.8020138                             |     | 0.577    |
| Observations                                 | 439  |     |          | 439  |     |          | 439                                    |     |          | 439                                    |     |          |

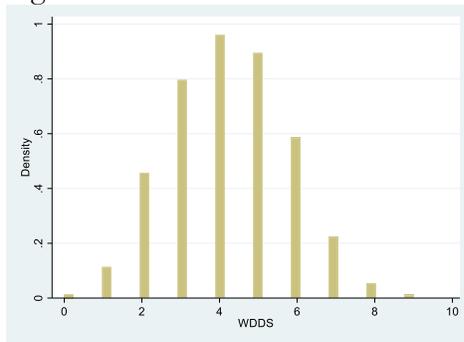
Erreurs regroupées par ménage. Effets non significatif du fer ou de la vitamine A avec la quantité totale d'engrais ou la quantité par ha.

Tableau 9b. Effets de l'utilisation des engrais sur les autres indicateurs de la qualité du régime alimentaire des gérantes de parcelles

| Variables explicatives                       | Modèle Probit (Sucres) |     |          | Modèle Probit (Sucres) |     |          |
|--|------------------------|-----|----------|------------------------|-----|----------|
|  | Effets marginaux       | sig | Valeur p | Effets marginaux       | sig | Valeur p |
| Engrais (kg)                                 | 0.0015                 | *   | 0.073    |                        |     |          |
| Engrais (kg/ha)                              |                        |     |          | 0.000967               |     | 0.176    |
| Koutiala                                     | -0.160                 |     | 0.584    | -0.182                 |     | 0.528    |
| Parcelle de riz                              | 0.522                  | *   | 0.091    | 0.408                  |     | 0.174    |
| Parcelle de sorgho                           | 0.023                  |     | 0.934    | -0.049                 |     | 0.855    |
| Parcelle de mil                              | 0.237                  |     | 0.4      | 0.159                  |     | 0.566    |
| Distance du magasin                          | -0.0118                |     | 0.634    | -0.015                 |     | 0.53     |
| Route goudronnée                             | 0.0107                 | **  | 0.019    | 0.0110                 | **  | 0.017    |
| Bamako                                       | -0.001874              |     | 0.218    | -0.0018                |     | 0.232    |
| Microfinance                                 | -0.177                 |     | 0.493    | -0.177957              |     | 0.498    |
| Superficie de la parcelle                    | -0.044998              |     | 0.629    | 0.032                  |     | 0.669    |
| Parcelle recevant des cultures intercalaires |                        |     |          |                        |     | 0.13     |
| Education                                    | -0.0058                |     | 0.92     | -0.005537              |     | 0.923    |
| Age  | -0.000367              |     | 0.963    | -0.0001                |     | 0.992    |
| Taille de l'exploitation                     | 0.010232               | *   | 0.053    | 0.009427               | *   | 0.078    |
| Enfants                                      | 0.017109               |     | 0.297    | 0.016                  |     | 0.34     |
| Transferts                                   | 0.000003               | *** | 0.008    | 0.000003               | *** | 0.004    |
| Revenus non agricoles                        | 0.0000024              | *   | 0.066    | 0.0000023              | *   | 0.068    |
| Constant                                     | 0.983                  |     | 0.223    | 1.0567359              |     | 0.185    |
| Observations                                 | 439                    |     |          | 439                    |     |          |

Erreurs regroupées par ménage. La catégorie des sucreries comprend les aliments contenant du sucre comme additif (par ex la confiture), le thé, la boisson gazeuse ou le jus auquel on a rajouté du sucre.

Figure 1. Distribution du score de diversité alimentaire des femmes



Les valeurs des variables vont de 0-9. n=5930

Source : Auteurs, tirées de données collectées par l'IER/MSU en 2017-18.

