

## Programme de recherche sur les politiques de sécurité alimentaire au Mali

### LES HERBICIDES CONTREFAITS ET LA PRODUCTIVITÉ AGRICOLE AU MALI: UNE APPROCHE DE TRAITEMENT MULTIVARIÉ

Par

Amidou Assima, Steven Haggblade et Melinda Smale



## **Politiques de Sécurité Alimentaires: *Articles de Recherche***

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

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

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

Tous les articles de recherche et les brèves politiques sont aussi envoyés au département de l'USAID Development Experience Clearing House (DEC): <http://dec.usaid.gov/>

## REMERCIEMENTS

Les auteurs souhaitent remercier Naman Keita et l'équipe d'enquêteurs sur le terrain qu'il a dirigée au niveau du Programme Economie des Filières de l'Institut d'Économie Rurale (IER) pour avoir fait preuve d'attention et de professionnalisme dans la réalisation des quatre passages d'enquêtes détaillées sur les ménages agricoles ainsi que des *focus-groups* au niveau des villages. L'USAID / Mali a financé ce travail dans le cadre du Projet de recherche sur la politique de sécurité alimentaire au Mali (PRePoSAM) financé dans le cadre du contrat numéro AID-688-A-16-00001 de la coopération sur le laboratoire d'innovation de la sécurité alimentaire. Hormis ce financement de l'USAID, la collecte des données d'enquête utilisées dans cette analyse a été financée, en partie, par la Fondation Bill & Melinda Gates dans le cadre du projet « Guiding Sustainable Agricultural Investments in Africa (GISAIA). Les auteurs endossent entièrement la responsabilité du contenu de cet article.

## AUTEURS

**Amidou Assima** ([amidou.assima@gmail.com](mailto:amidou.assima@gmail.com)) est statisticien-économiste basé au Bureau de l'Université d'Etat de Michigan à Bamako, Mali.

**Steven Haggblade** ([blade@msu.edu](mailto:blade@msu.edu)) est professeur de développement international au Département de l'agriculture de l'économie, de l'alimentation et des ressources, Michigan State University, East Lansing, MI, États-Unis.

**Melinda Smale** ([msmale@msu.edu](mailto:msmale@msu.edu)) est professeur de développement international au Département de l'agriculture, de l'économie de l'alimentation et des ressources, Michigan State University, East Lansing, MI, États-Unis.

**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.

*Cette étude a été réalisée avec le généreux soutien des Américains par une bourse de recherche de United States Agency for International Development (USAID) pour le programme "Feed the Future". Le contenu de cette publication est sous la responsabilité de ses auteurs, et ne reflète pas nécessairement le point de vue de l'USAID ou du gouvernement américain.*

*Copyright © 2017, Michigan State University. Tous droits réservés. Ce document peut être reproduit sans permission pour une utilisation personnelle ou à but non lucratif, en mentionnant MSU.*

**Publié par le Department of Agricultural, Food, and Resource Economics, Michigan State University, Justin S. Morrill Hall of Agriculture, 446 West Circle Dr., Room 202, East Lansing, Michigan 48824, USA**

## Résumé

La hausse rapide des importations d'herbicides dans le secteur privé a entraîné une intensification spectaculaire de l'utilisation d'herbicides commerciaux par les paysans maliens. Compte tenu de la faible capacité réglementaire à surveiller les marchés, la prolifération récente de produits et de marques d'herbicides a été accompagnée d'une vente généralisée de produits non homologués. Nous testons les effets des herbicides appliqués sur les principales céréales des zones arides du Mali, à savoir le sorgho et le maïs, sur les rendements et la productivité de la main d'œuvre, selon le genre et l'âge. Nous utilisons un modèle de traitement multivarié avec des données recueillies auprès de 623 ménages et 1273 parcelles. Les résultats montrent les effets négatifs des herbicides non homologués sur les rendements. En revanche, l'utilisation d'herbicides homologués améliore la productivité de la main d'œuvre des hommes adultes et des enfants. Cependant, nous ne trouvons aucun effet significatif des herbicides homologués sur les rendements ou la productivité de la main d'œuvre féminine.

## Table des matières

1. Introduction.....	7
2. Méthodes.....	8
2.1. Les données .....	8
2.2. Stratégie économétrique .....	9
3. Résultats.....	11
3.1. Descriptifs.....	11
3.2. Résultats économétriques .....	12
4. Conclusions et implications politiques .....	13
Annexe: tableaux et figures.....	16

## 1. Introduction

Une meilleure productivité des céréales sèches des petits producteurs maliens dépend principalement de l'utilisation d'intrants modernes combinés à des méthodes de protection des sols et des ressources en eau. Pourtant, malgré les investissements à long terme dans l'amélioration des cultures, et plus récemment les programmes de subventions gouvernementales pour les engrais, les taux d'adoption de ces intrants dans la culture des céréales sèches restent faibles. En revanche, stimulée entièrement par l'offre commerciale et la demande des paysans, l'utilisation des herbicides par les paysans s'est généralisée. La quantité d'herbicides importés a plus que doublé depuis 2000 même si les paysans paient toujours le prix commercial intégral (Haggblade et al. 2016; INSTAT 2016).

Cependant, les données de notre enquête dans la Savane Soudanienne, une zone à fort potentiel de productivité pour le sorgho et le maïs, montrent que tous ces herbicides ne sont pas homologués et que les paysans ne font pas la distinction entre ceux qui sont homologués et ceux qui ne le sont pas. Bien que les responsables de la réglementation effectuent un contrôle intégral des nouveaux herbicides pour vérifier leur efficacité et leur sécurité avant leur homologation, le suivi de la qualité des produits, réellement vendus dans les marchés locaux une fois homologués, demeure faible. Résultat, un grand nombre d'herbicides non homologués se retrouve sur les marchés d'intrants agricoles du Mali (Haggblade et al, 2016). D'une manière générale, on estime que les intrants agricoles contrefaits et ceux de mauvaise qualité sont répandus en Afrique subsaharienne (Ashour et al, 2016, Bold et al, 2015; MirPlus 2012).

De toute évidence, une situation comme celle-ci n'a pas seulement des implications économiques, mais fait également l'objet de considérations éthiques importantes. L'utilisation inappropriée des herbicides a des conséquences sur les rendements des exploitations agricoles et de potentiels effets néfastes pour la santé humaine et environnementale. La contrefaçon d'intrants a été la source de problèmes majeurs dans l'utilisation des engrais et des semences, mais rares sont les analyses ayant étudié la question par rapport aux herbicides.

L'analyse de l'utilisation des herbicides dans les exploitations agricoles d'Afrique subsaharienne reste également limitée. Donc, ce document contribue en général à renforcer les connaissances émergentes sur l'utilisation d'herbicides par les petits producteurs d'Afrique subsaharienne et en particulier à informer sur les herbicides contrefaits. Une analyse récente de Haggblade et al. (2016) a examiné les origines et les conséquences de la croissance rapide de l'utilisation des herbicides au Mali. Ils ont trouvé des taux d'adoption allant de 25% de paysans dans les zones reculées à 75% de paysans dans les zones mieux desservies par les infrastructures routières et commerciales. Ils ont constaté qu'en moyenne, les herbicides coûtent 50% moins cher par hectare que la main d'œuvre recrutée pour le désherbage. En Ethiopie, Minten et al. (à paraître bientôt) ont constaté une hausse rapide similaire de l'utilisation d'herbicides stimulée par le secteur privé, fortement liée à l'accès aux marchés et contribuant à une productivité de la main d'œuvre nettement plus élevée au niveau des exploitations agricoles.

Nous nous appuyons sur ces analyses en testant l'effet de la qualité des herbicides sur les rendements et la productivité de la main d'œuvre. En l'absence de laboratoires d'expérimentation accrédités au Mali, nous utilisons les herbicides homologués par rapport à ceux non homologués comme indicateurs pour estimer la qualité de ces produits. En nous appuyant sur l'homologation du produit, nous testons également les effets de la réglementation. Nous mesurons la productivité en termes de rendements de parcelles, tout en contrôlant pour les autres covariables. La main d'œuvre consacrée au désherbage est ventilée par sexe et âge (main d'œuvre des hommes, des femmes et des enfants). Pour tester nos hypothèses, nous appliquons un modèle d'effets du traitement multivarié à des données non expérimentales collectées dans 58 villages de la savane malienne, de 2014 à 2015.

## 2. Méthodes

### 2.1. Les données

La base de sondage est un recensement de tous les ménages producteurs de sorgho (2430) de 58 villages situés dans les Cercles de Kati, Dioila et Koutiala. Kati et Dioila se trouvent dans la région de Koulikoro, et Koutiala dans celle de Sikasso. Les régions de Sikasso et de Koulikoro ont la plus grande proportion de terres agricoles situées dans la Savane soudanienne et sont les principales régions productrices de sorgho par ordre de superficie cultivée et de production totale. Pendant la saison 2012-2013, les deux régions représentaient plus de 51% de la superficie totale de sorgho cultivée dans le pays (Cellule de Planification Statistique du Secteur du Développement Rural (CPS-SDR)). Ainsi, ce sont des zones cibles prioritaires pour la sélection variétale du sorgho. Tous les villages sont situés dans les isohyètes correspondants à la zone soudanienne dans son ensemble, près du centre de cette zone, juste en-dessous ou au-dessus de l'isohyète 800 mm. Cette zone est également favorable à la production de maïs dont la popularité, en tant que culture alimentaire et de rente, gagne du terrain.

L'unité d'enquête pour le recensement de base, et plus généralement au Mali, est l'Exploitation Agricole Familiale (EAF). Selon la loi d'orientation agricole, l'EAF est une unité de production constituée d'un ou de plusieurs membres unis librement par des liens de parenté et qui exploitent en commun les facteurs de production pour générer des ressources sous la direction d'un des membres désigné chef d'exploitation, qu'il soit de sexe masculin ou féminin. L'activité exercée par le chef d'exploitation, à titre principal, est d'encourager l'exploitation optimale des facteurs de production, ceux-ci étant définis par la famille élargie. Pour les EAF que nous étudions, la première priorité est la sécurité alimentaire pour tous. Le chef représente l'EAF dans tous les actes de la vie civile, y compris la représentation et la participation aux programmes gouvernementaux. Le chef d'exploitation, qu'il soit homme ou femme, peut désigner un chef de travaux soit pour superviser les travaux sur les parcelles et gérer l'EAF en son nom soit pour assurer sa relève en cas d'empêchement physique ou pour toute autre raison.

L'exploitation agricole familiale est une organisation complexe constituée de plusieurs parcelles sur lesquelles plusieurs cultures sont produites. Les parcelles sont gérées collectivement et individuellement par divers membres de la famille. Les membres comprennent généralement le chef d'exploitation, ses femmes et ses enfants, ses fils mariés ainsi que leurs épouses et enfants, ses filles célibataires et ses frères, ainsi que d'autres proches. Les parcelles collectives, appartenant à l'ensemble de l'EAF, sont gérées par le chef d'exploitation ou le chef des travaux pour le compte de cette dernière. Les parcelles individuelles appartiennent à l'EAF, mais sont exploitées et gérées par les membres individuels, hommes ou femmes. La production au niveau de ces parcelles n'est pas gérée collectivement. À chaque saison agricole, le chef d'exploitation alloue des parcelles individuelles en fonction des besoins de la famille.

Pour une analyse plus détaillée de l'utilisation des intrants dans la production de sorgho et de maïs, un échantillon d'EAF a été sélectionné par tirage aléatoire simple. La taille finale de l'échantillon est de 623 EAF, avec un taux d'échantillonnage total de 25%. Les enquêteurs ont inventorié toutes les parcelles exploitées par chaque EAF tirée, en les regroupant par culture et type de gestion. En ne tenant compte que des parcelles de sorgho et de maïs (en raison des contraintes budgétaires), une parcelle a fait l'objet d'un tirage aléatoire par type de gestion et par EAF. L'échantillon total de parcelles de sorgho et de maïs analysées ici, dont celles gérées collectivement et individuellement, est de 1273. Nous contrôlons pour le gérant de la parcelle dans notre analyse et prenons en compte



toutes les parcelles de sorgho et de maïs dont nous avons des données de production détaillées par rapport à d'autres cultures. Le sorgho et le maïs sont les principales céréales des zones arides de cette région du Mali.

L'enquête à passages répétées a été menée en quatre étapes, entre août 2014 et juin 2015, au moyen des questionnaires papiers combiné à des interviews assistées par ordinateur, par une équipe d'enquêteurs expérimentés recrutés par l'Institut d'Economie Rurale (IER). Les modules comprenaient : 1) l'inventaire des parcelles, du bétail, du matériel agricole et des biens du ménage ; l'utilisation de la récolte de la saison précédente ; 2) l'utilisation des intrants et de la main d'œuvre sur les parcelles de sorgho et de maïs ; 3) la mesure de la superficie et de la production sur les parcelles de sorgho et de maïs ; 4) les dépenses de consommation et les transferts de fonds par les immigrants.

## 2.2. Stratégie économétrique

Nous testons les effets des herbicides homologués et contrefaits sur deux mesures de la productivité de l'exploitation : la production par hectare et la main d'œuvre consacrée au désherbage par hectare. Nous distinguons la productivité de la main d'œuvre par genre et par âge (hommes, femmes et enfants).

L'utilisation d'herbicides a récemment émergé dans les zones rurales du Mali, en l'absence de programme volontaire ou d'intervention politique. Nous nous attendons à ce que la décision d'utiliser des herbicides ne se fasse pas au hasard dans les communautés agricoles, étant donné qu'il s'agit d'un nouvel intrant totalement introduit par des revendeurs locaux ou d'autres paysans. À ce stade précoce, les adoptants et les non-adoptants peuvent être systématiquement différents. Les adoptants peuvent « s'auto-sélectionner », ce qui peut donner lieu à un biais potentiel dans les estimations des impacts de la productivité.

L'essai contrôlé randomisé (ECR) est souvent vu comme « l'étalon-or » des méthodes d'évaluation car il élimine le biais de sélection (Imbens et Wooldridge 2009). Le biais causé par le tirage non aléatoire peut provenir soit de l'emplacement du programme ou des critères de participation soit des processus d'auto-sélection. Différentes méthodes ont été utilisées pour résoudre la question de la définition d'un contrefactuel avec des observations non expérimentales, y compris la classe des modèles d'effet du traitement que nous utilisons ici. Ces modèles rendent le traitement et le résultat indépendants en conditionnant sur les valeurs des covariables ou des variables de contrôle.

Soit  $y_{1i}$  le résultat potentiel de l'individu  $i$  s'il/elle utilise les herbicides et soit  $y_{0i}$  sinon. Soit  $d_i$  une variable indicatrice représentant le statut d'utilisation d'herbicides. Pour chaque individu, nous observons  $y_i = d_i y_{1i} + (1 - d_i) y_{0i}$ ; c'est-à-dire nous observons  $y_{1i}$  pour les adoptants et  $y_{0i}$  pour les non-adoptants. L'effet moyen du traitement (ATE) et l'effet moyen du traitement sur les traités (ATET) sont indiqués par :  $ATE = E[y_{1i} - y_{0i}]$ ;  $ATET = E[y_{1i} - y_{0i} | d_i = 1]$ . Avec les données d'observation, nous n'observons vraiment que le résultat d'un cas de figure possible. Le résultat des autres cas est en effet potentiel (Rubin, 1974).

Dans le cas du traitement binaire, l'appariement est devenu une méthode populaire (Imbens et Wooldridge, 2009), compte tenu notamment des difficultés d'identification des instruments adaptés pour l'analyse des (doubles moindres carrés. Cependant, il est basé sur l'hypothèse d'indépendance conditionnelle qui stipule que le vecteur de covariable contient, comme prévu, toutes les variables de traitement qui influent sur l'affectation de traitement. Le problème majeur des méthodes d'appariement se trouve dans la présence potentielle de biais dissimulés provenant des covariables non observables ne pouvant pas être testées.

Cattaneo (2010) propose une démarche alternative qui peut être appliquée avec le traitement multivarié et diffère dans le mode par lequel, d'une part, le traitement s'inscrit dans l'analyse et, d'autre part, l'ATE est estimé. Cette démarche est particulièrement intéressante car elle permet de pallier au problème de l'existence potentielle d'un biais de sélection et les résultats obtenus sont robustes. En appliquant cette approche, nous modélisons le résultat potentiel comme suit :

$$y_i = \sum_{t=0}^2 d_i(t)y_i(t), \quad (1)$$

où  $i$  constitue un indice pour les observations ( $i=1, 2, \dots, N$ ) ;  $y_i$  est la variable d'intérêt ;  $d_i(t)$  est un indicateur égal à 1 si le type de traitement est  $t$  et 0 sinon ; et  $y_i(t)$  est la variable de résultat si le type de traitement est  $t$  ;  $t$  est un indice pour le type de traitement ( $t = 0$  si aucun herbicide n'est utilisé, 1 si l'herbicide utilisé est non homologué, et 2 si l'herbicide utilisé est homologué). Nous estimons trois modèles de traitement multivarié pour estimer l'ATE et l'ATE en pourcentage de la valeur du contrôle. Le modèle de base est la régression ajustée (RA). En guise de contrôle de la robustesse, nous présentons également les effets de traitement moyens en appliquant le modèle d'estimateur augmenté pondéré par la probabilité inverse (AIPW), le modèle d'estimateur de régression ajustée pondérée par la probabilité inverse (IPWRA) ou les modèles « doublement robustes ». Les estimateurs augmentés pondérés par la probabilité inverse (AIPW) et de régression ajustée pondérée par la probabilité inverse (IPWRA) modélisent à la fois la probabilité de la variable d'intérêt et de la variable de traitement. Ils permettent une estimation cohérente des paramètres de traitement lorsqu'au moins l'un des modèles de résultat ou de traitement est correctement spécifié. Pour cette raison, ces modèles sont connus comme ayant une « propriété de double robustesse ». Contrairement aux approches AIPW et IPWRA, les estimateurs AR modélisent la variable d'intérêt sans aucune hypothèse sur le traitement. Les estimateurs AIPW et IPWRA peuvent, donc, être plus efficaces que l'AR (Cattaneo 2010).

En plus du modèle multivarié, nous estimons un modèle binaire avec appariement par le score de propension pour tester les effets de l'utilisation d'herbicides par rapport à leur non-utilisation.

### 2.3. Spécification du modèle

L'objectif du modèle d'impact est de quantifier les résultats potentiels indiquant les changements des rendements à l'hectare et l'utilisation de la main d'œuvre à l'hectare de l'EAF. Pour les deux mesures de productivité, nous spécifions le modèle d'effets fixes :

$$\text{rendement} = \alpha + \beta t' \text{outcomecovar} + \Theta t' \text{treatmentcovar} + \mu, \quad (2)$$

où *rendement* représente le rendement de sorgho ou de maïs en kg/ha, et *outcomecovar* est un vecteur des intrants agricoles appliqués sur les parcelles de sorgho. Correspondant à une fonction de réponse notionnelle de rendement, nous intégrons les quantités d'intrants par ha (semence, main d'œuvre adulte masculine, main d'œuvre adulte féminine, main d'œuvre des enfants, engrais), ainsi que les caractéristiques de la parcelle (trajet en minutes de la maison à la parcelle ; si une structure a été aménagée sur la parcelle pour pallier à l'érosion des sols et l'érosion hydrique). Il s'agit des mêmes covariables qui devraient influencer la productivité de la main d'œuvre.

*Treatmentcovar* est un vecteur des mêmes covariables du gérant de la parcelle prises en compte dans l'analyse de l'adoption (à l'exception de la gestion individuelle ; les régressions n'ont pas convergé avec cette covariable). Au Mali, l'accès aux structures d'encadrement remplace, en quelque sorte, les marchés commerciaux, influençant l'accès du paysan aux intrants et divers services, y compris les engrais subventionnés. L'estimation des coûts de désherbage par hectare provient des réponses à une question demandant à combien reviendrait le coût de main d'œuvre dédiée au désherbage si les herbicides n'avaient pas été appliqués. Etant donné que le réseau commercial s'étend aux marchés hebdomadaires organisés dans les villages, nous intégrons une variable « indicateur » pour représenter le marché hebdomadaire du village de l'EAF. Enfin, comme décrit plus haut, nous reconnaissons l'organisation sociale de la production dans cette région du Mali et rajoutons les caractéristiques du gérant de la parcelle (son niveau d'instruction, si la parcelle est gérée par une personne autre que le chef d'exploitation, s'il s'agit de l'épouse ou du fils du chef d'exploitation) parmi nos variables explicatives.

Les variables de contrôle du modèle d'impact sont définies dans le tableau 1. Les définitions des variables de résultat sont indiquées dans le Tableau 2 avec les différences dans les moyennes de chaque variable par traitement. Sans contrôler pour les autres facteurs. Les rendements moyens plus faibles sont associés à l'utilisation d'herbicides non homologués par rapport à la non-utilisation d'herbicides. En revanche, des rendements moyens les plus élevés sont associés à l'utilisation d'herbicides homologués. Une main-d'œuvre plus faible par hectare chez les hommes et femmes adultes ou chez les enfants a été relevée sur les parcelles recevant des herbicides homologués. En interprétant nos variables de résultat liées à la main d'œuvre, il est important de reconnaître que l'emploi de la main-d'œuvre recrutée dans les exploitations recensées était négligeable. Les membres de l'EAF dépendent de leur propre main d'œuvre pour les activités de production ou pour les arrangements de partage de main d'œuvre. Il s'agit là des hypothèses que nous appliquons à notre estimation.

### 3. Résultats

#### 3.1. Descriptifs

Le glyphosate, développé par Monsanto sous le nom commercial de Roundup, est l'herbicide le plus répandu dans le monde. Les importateurs et les fournisseurs d'intrants signalent également qu'il est l'herbicide le plus vendu au Mali (Diarra 2016). Nos données d'enquête indiquent que le glyphosate représente environ les deux tiers des volumes d'herbicides appliqués par les paysans dans leurs parcelles de sorgho et de maïs. Les herbicides sélectifs, destinés au coton, au maïs et au riz, représentent l'autre tiers. Étant donné que la plupart des ménages interrogés sont membres d'associations de producteurs de coton, l'utilisation d'herbicides sélectifs pourrait refléter leur expérience et accès aux intrants à travers leur appartenance à ces associations. Seulement un peu plus de la moitié des parcelles de sorgho et de maïs (53%) ou du volume total d'herbicides, utilisés par les paysans interrogés (55%), a été homologuée. Le reste ne l'était pas et la qualité était incertaine, ce qui signifie qu'il s'agit soit « d'imitations » soit de contrefaçons.

Outre la technique de plantation complète sur sol inversé (le labour) lors de la préparation du sol, les paysans de cette région du Mali se servent de leurs mains et d'une houe pour enlever les mauvaises herbes et font, généralement, recours à la main d'œuvre familiale ou collective partagée avec des amis. Interrogés sur le montant que cela coûterait d'engager du personnel pour accomplir cette tâche plutôt que d'appliquer des herbicides, les paysans ayant participé aux enquêtes ont indiqué qu'ils auraient dépensé 52 dollars. En comparaison, ils ne dépensent en moyenne que 23 dollars par hectare pour les herbicides.

Parmi les ménages interrogés, les femmes membres (principales épouses du chef d'exploitation, mais aussi belles-filles) ont géré environ un quart des parcelles de sorgho mais aucune parcelle de maïs. Les parcelles de sorgho et de maïs, gérées par les hommes membres n'étant pas chefs, étaient relativement peu nombreuses, bien que le coton ou d'autres cultures de rente y soient cultivées. Les parcelles les plus grandes, gérées par le chef d'exploitation, où travaillaient collectivement les membres de la famille, représentaient plus de 80% de l'ensemble des parcelles de sorgho et 95% de celles de maïs.

Les données du tableau 4 indiquent qu'il y a plus de chances pour les gérants de parcelles individuelles d'appliquer des herbicides sur leurs parcelles que les chefs d'exploitation d'utiliser des intrants sur les parcelles familiales. Selon les normes sociales, le chef se réserve le droit d'exiger de la main d'œuvre sur ces parcelles, car le rendement profite à la famille en tant que groupe ; Les individus doivent répondre aux besoins en main-d'œuvre sur leurs propres parcelles après avoir rempli leurs tâches, une incitation potentiellement forte à l'utilisation d'herbicide, souvent fourni après avoir répondu aux besoins dans les parcelles familiales. Les femmes gérantes de parcelles appliquent environ deux fois plus d'herbicides sur leurs parcelles individuelles que sur les parcelles collectives (2,6 litres par hectare par rapport à 1,1 litre). Les parcelles individuelles gérées par les hommes reçoivent des doses qui sont même plus élevées par hectare.

### 3.2. Résultats économétriques

Avant de discuter des effets moyens du traitement (ATE), il est important d'examiner la qualité du processus d'appariement. Les probabilités conditionnelles de l'utilisation d'herbicides par niveau de traitement sont indiquées à la figure 1 pour l'ensemble des trois niveaux de traitement, la répartition de la densité des probabilités estimées confirme qu'il n'y a pas beaucoup de masse de haute densité à proche des valeurs 0 ou 1. Ainsi, la condition de support commun est satisfaite: il existe un chevauchement important dans la répartition de la probabilité pour les non-adoptants d'herbicides, les adoptants d'herbicides non homologués et ceux d'herbicides homologués.

En outre, la figure 2 présente la répartition des scores de propension et la région de support commun pour les adoptants et les non-adoptants. Les données indiquent que la condition de support commun est satisfaite car il existe un chevauchement dans la répartition des scores de propension entre les deux groupes. Ceci s'observe dans la Figure 3, qui montre les fonctions de densité de probabilité des utilisateurs et des non-utilisateurs.

Comme décrit dans la partie traitant de l'économétrie, nous appliquons le modèle de régression ajustée (RA), le modèle d'estimateur augmenté pondéré par la probabilité inverse (AIPW) et le modèle de régression ajustée pondéré par la probabilité inverse (IPWRA) pour estimer les impacts de l'utilisation d'herbicides sur le rendement et la productivité de la main d'œuvre des hommes adultes, des femmes adultes et des enfants grâce au modèle de traitement multivarié (non-utilisation d'herbicides, utilisation d'herbicides non-homologués et utilisation d'herbicides homologués). En outre, nous appliquons l'appariement par le score de propension global (PSM) et avons estimé l'impact binaire de l'utilisation d'herbicides par rapport à leur non-utilisation.

Le résultat indiqué dans le tableau 5 ne montre aucun impact significatif de l'utilisation d'herbicides homologués sur le rendement. En effet, les herbicides réduisent les dommages causés par les mauvaises herbes plutôt que d'augmenter le potentiel de rendement de la plante. Pourtant, et toutes choses égales par ailleurs, on pourrait s'attendre à un rendement par hectare plus élevé si les dommages sont atténués par l'utilisation d'herbicides. Au contraire, en contrôlant pour d'autres covariables, la régression indique que l'utilisation d'herbicides non homologués a un effet significativement négatif sur les rendements. Les membres de l'exploitation, qui gèrent les parcelles où ils ont appliqué des herbicides non homologués, s'attendent à une perte du rendement de près de

218 kg / ha. Compte tenu du fait que le rendement moyen global n'atteint que 1141 hectares, ce montant est important en termes d'ordre de grandeurs. Dans l'ensemble, le modèle PSM binaire confirme que l'impact global de l'utilisation des herbicides sur les rendements agricoles n'est pas significativement différent de zéro.

Les impacts sur la main d'œuvre consacrée au désherbage semblent être plus forts, comme on peut s'y attendre, étant donné que les pénuries de main d'œuvre sont le principal incitatif à l'utilisation de cet intrant. Parmi les exploitations recensées, la main d'œuvre des hommes adultes reste de loin la plus importante. Elle est fortement sollicitée sur les parcelles collectives, et en particulier pour la préparation du sol et le désherbage. La main d'œuvre des femmes adultes est déployée sur un large éventail d'activités familiales et agricoles ; Les parcelles individuelles appartenant aux femmes sont de petite taille et les légumineuses sont généralement les cultures qui sont associées à la plante qui y est cultivée. Les données montrent, dans l'ensemble, de faibles niveaux de main d'œuvre féminine utilisée pour le désherbage. La main d'œuvre des enfants est également relativement faible par rapport à celle des hommes adultes.

Par conséquent, l'impact de tous les types d'utilisation d'herbicides sur la productivité de la main d'œuvre des hommes adultes est important et positif (correspondant à un signe négatif puisque la variable représente les jours de travail par hectare). Les herbicides homologués ont le plus grand impact qui est presque le double de celui des herbicides non homologués (une baisse moyenne de 7,9 jours contre 4,6). Nous n'avons observé aucun impact significatif sur la baisse de la productivité de la main d'œuvre des femmes adultes, reflétant sans doute le faible nombre de jours ayant été rapporté par les paysans. Cependant, l'utilisation d'herbicides homologués semble réduire la main d'œuvre des enfants consacrée au désherbage (en augmentant leur productivité) d'environ 1.950 jours. Ceci suggère que les enfants des exploitations utilisant des herbicides homologués sont moins susceptibles d'être impliqués dans le désherbage, ce qui a d'importantes implications d'ordre éthique.

#### 4. Conclusions et implications politiques

Cette étude contribue, de façon générale, à renforcer les connaissances émergentes relatives à l'utilisation d'herbicides par les petits paysans d'Afrique subsaharienne et, en particulier, à informer sur les herbicides contrefaits. Nous constatons que l'utilisation d'herbicides non homologués est associée à des rendements plus faibles, mais que l'utilisation de l'ensemble des herbicides et, notamment des produits homologués, améliore la productivité de la main d'œuvre des hommes et des enfants consacrée au désherbage. L'effet sur la productivité de la main d'œuvre des femmes pour le désherbage n'est pas statistiquement significatif, ce que nous attribuons aux cultures intercalaires dans les petites parcelles appartenant aux femmes et aux faibles volumes de main d'œuvre déclarés par les paysans.

L'utilisation d'herbicides homologués améliore le bien-être des enfants en réduisant la demande en main d'œuvre de ces derniers. Les politiques et réglementations visant à promouvoir l'utilisation d'herbicides homologués pourraient être bénéfiques, mais des recherches plus poussées sur ses répercussions sur la santé et l'environnement sont nécessaires. Les futurs travaux de recherche pourraient tester ces hypothèses plus loin en utilisant des techniques de contrôle direct de la qualité par le biais de tests de laboratoire et d'un échantillon de paysans provenant de plusieurs régions du Mali.

De toute évidence, la prolifération actuelle d'herbicides non homologués pose problème aux paysans et potentiellement aux consommateurs et à l'environnement. Ces résultats suggèrent la nécessité d'améliorer les pratiques réglementaires. Ici, il est important de faire la distinction entre le

système de contrôle pendant l'étape pré-homologation, qui fonctionne très bien, et le suivi des marchés pendant l'étape post-homologation, qui fonctionne très mal. Depuis plus de 20 ans, le Mali a participé à un processus d'examen réglementaire régional des demandes d'homologation. Depuis 1994, le Comité Permanent Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel (CILSS) a mis en place un organe de réglementation régional, appelé le Comité sahélien des pesticides (CSP), afin d'examiner et de certifier tous les pesticides mis en vente dans ses Etats membres, dont le Mali. En vertu de ces réglementations communes, tous les pesticides, soumis aux examens d'efficacité et de sécurité du CSP et enregistrés pour vente dans un Etat membre, deviennent automatiquement autorisés pour revente dans l'ensemble des neuf Etats membres. En centralisant le processus d'examen réglementaire des demandes, le CSP fournit un guichet unique aux fabricants et importateurs, facilitant ainsi ce processus et permettant également aux fournisseurs de réduire les coûts bureaucratiques en standardisant et centralisant les procédures d'examen. Ce modèle permet un usage plus économique du personnel technique et des laboratoires, tous les deux insuffisants, en exploitant collectivement l'expertise disponible dans l'ensemble des Etats membres. Les experts de la FAO et de l'Afrique de l'Ouest considèrent que le modèle de réglementation du CSP est «probablement l'exemple d'harmonisation régionale la plus efficace en Afrique subsaharienne» (Traoré et al., 2011, p.16).

En revanche, le suivi pendant l'étape post-homologation reste très faible. Le nombre croissant de produits herbicides non homologués et contrefaits disponibles sur le marché est source de préoccupation majeure pour les paysans quant à leur qualité et sécurité. Malheureusement, les impacts environnementaux de l'utilisation des herbicides demeurent largement non contrôlés au Mali (Haggblade et al., 2016).

A l'avenir, les décideurs politiques maliens exigeront, de plus en plus un meilleur suivi de la qualité des pesticides et de leur impact environnemental. Le modèle d'examen réglementaire régional du CILSS, qui permet une utilisation officieuse du personnel scientifique et des laboratoires limités, a prouvé son efficacité dans le contrôle des herbicides avant leur homologation. L'échantillonnage et les études régionales portant sur la zone agro-écologique du Sahel pourraient, sans doute, permettre de faire des économies parallèles de coûts de suivi environnemental

## Références

- Ashour, M., L. Billings, D. Gilligan, J.B. Hoel, N. Karachiwalla. (2016). *Do Beliefs About Agricultural Inputs Counterfeiting Correspond with Actual Rates of Counterfeiting? Evidence from Uganda*. IFPRI Discussion Paper 01552, Aout. Washington, DC: Institut International de Recherche sur les Politiques Alimentaires.
- Bold, T., K.C. Kaizzi, J. Svensson, D. Yanagizawa-Drott. (2015). *Low Quality, Low Returns, Low Adoption: Evidence from the Market for Fertilizer and Hybrid Seed in Uganda*. Juin. RWP15-033, Harvard Working Paper Series. Cambridge, MA: Harvard University.
- Cattaneo. 2010. Efficient semiparametric estimation of multi-valued treatment effects under ignorability. *Journal of Econometrics* 155: 138-154.
- Diarra, A. (2016). *Rapport de Consultation: Profil du Marché des Pesticides et Mise en Oeuvre des Politiques Agricoles dans l'Espace CEDEAO : Etude de Cas au Mali*. (mimeo). Bamako, Mali: Michigan State University.
- Haggblade, S., M. Smale, A. Kergna, V. Thériault, et A. Assima. (2016). *Causes and Conséquences de l'utilisation accrue des herbicides au Mali*. Feed the Future Innovation Lab for Food Security Policy, Research Paper 24, Octobre 2016, Bamako, Mali.
- MIRPlus. 2012. *Evaluation de la qualité des pesticides commercialisés dans huit pays de l'espace CEDEAO*. Abuja et Abidjan : CEDEAO et UEMOA.
- Tamru, S., Minten, B., Bachewe, F., Alemu, D. (en voie de parution). *The rapid expansion of herbicide use in smallholder agriculture in Ethiopia: Patterns, drivers, and implications*. *European Journal of Development Research*.
- Traoré, Alain Sy; Dimithe, Georges et Toe, Adama M. 2011. *Perspectives des communautés économiques régionales en matière de gestion des pesticides*. *Gestion des en Afrique de l'Ouest* No.8:14-19. Rome et Abuja: FAO et CEDEAO.

## Annexe: tableaux et figures

**Tableau 1. Définition des variables de contrôle du modèle d'impact**

Variable de contrôle	Définition
<i>Traitement</i>	
gérée individuellement	parcelle gérée individuellement par un homme ou une femme qui n'est ni chef d'EAF ni représentant de ce dernier = 1, 0 autrement chef=1; homme individuel qui n'est pas chef=2; femme individuelle qui n'est pas chef=3
gérant	gérant de parcelle ayant fait l'école primaire=1, 0 autrement
niveau d'instruction	nombre d'adultes de l'EAF âgés de 12 à 55 ans (inclus) / superficie totale exploitée par l'EAF
offre de main d'œuvre	coût de recrutement de la main d'œuvre pour le désherbage/ ha EAF ayant bénéficié d'une subvention pour l'achat d'engrais=1, 0 autrement
coût du désherbage	coût de recrutement de la main d'œuvre pour le désherbage/ ha EAF ayant bénéficié d'une subvention pour l'achat d'engrais=1, 0 autrement
subvention	coût de recrutement de la main d'œuvre pour le désherbage/ ha EAF ayant bénéficié d'une subvention pour l'achat d'engrais=1, 0 autrement
marché	marché hebdomadaire dans le village=1, 0 autrement
village	effet fixe sur le village
<i>Résultat</i>	
semence	quantité de semences utilisée par ha
engrais	kg d'engrais appliqués par ha
main d'œuvre masculine	nombre d'hommes, jours-personnes (14 ans et plus) par ha
main d'œuvre féminine	nombre de femmes, jours-personnes (14 ans et plus) par ha
main d'œuvre des enfants	nombre d'enfants, jours-personnes (14 ans et moins)
utilisation d'équipement	heures d'utilisation de l'équipement par ha
fumier	utilisation de fumier sur la parcelle=1, 0 autrement
emplacement	durée du trajet en minutes du domicile à la parcelle
contrôle de l'érosion	Toute structure de lutte contre l'érosion aménagée sur la parcelle=1, 0 autrement

Source: Auteurs

**Tableau 2. Variables de résultat du modèle d'impact, définitions et moyennes, par traitement**

Résultat	Définition	Aucun herbicide	Herbicide non homologué	Herbicide homologué
rendement	kg de grains récoltés/ha (calculé par GPS)	1183	890	1346
productivité main d'œuvre masculine	nombre de jours de main d'œuvre consacrée au désherbage par ha chez les hommes adultes;	21.1	20.5	17.9
productivité main d'œuvre féminine	nombre de jours de main d'œuvre consacrée au désherbage par ha chez les femmes adultes	6.13	8.01	3.77
productivité main d'œuvre des enfants	nombre de jours de main d'œuvre consacrée au désherbage par ha chez les enfants (12 ans et moins)	3.38	4.18	2.83

Source: Auteurs. N=1273 parcelles, 623 EAF.



**Tableau 3. Utilisation d'herbicides par catégorie par les EAF de la savane soudanienne du Mali, 2014/15**

Type d'herbicide	Homologation d'herbicide		
	homologué	incertain	total
% de parcelles	53	47	100
% de volume	55	45	100

Source: Auteurs

**Table 4. Utilisation d'herbicides par culture et par type de gestion de la parcelle, Savane soudanienne du Mali, 2014/15**

Gérant de la parcelle	Type de parcelle	Plante cultivée		
		sorgho	Maïs	total
<i>Pourcentage de parcelles utilisant des herbicides</i>				
Chef de ménage	collectives	47	69	58
Homme	individuelles	79		79
Femme	individuelles	90	60	80
Tous		56	69	61
<i>Taux d'application d'herbicide (litres/ha)</i>				
Chef de ménage	individuelles	1.1	1.7	1.4
Homme	individuelles	2.6		2.6
Femme	individuelles	3.3	2.5	3.1
Tous		1.6	1.7	1.6

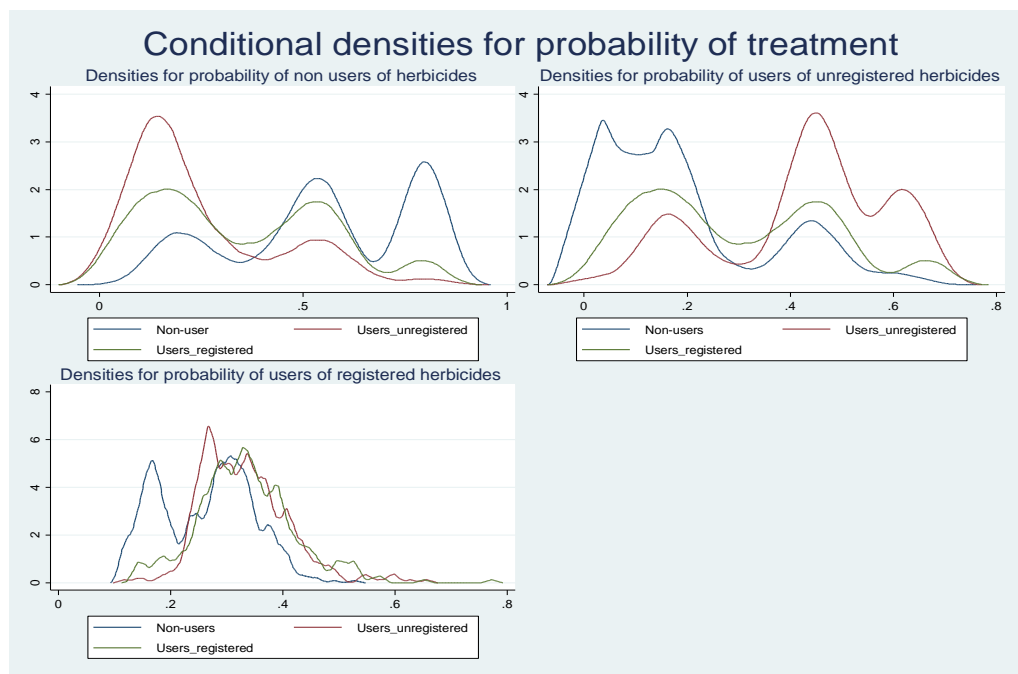
**Tableau 5. Effets moyens du traitement, par résultat et par modèle**

	AR	AIPW	IPWRA	PSM
<b>ATE sur le rendement</b>				
ATE				
non homologué	-218.3*	-218.3*	-218.3*	
Homologué	67.00	67.00	67.00	
utilisateurs d'herbicide				1.876
<b>ATE sur la main d'œuvre adulte masculine consacrée au désherbage</b>				
ATE				
non homologué	-4.567*	-4.567*	-4.567*	
Homologué	-7.885***	-7.885***	-7.885***	
utilisateurs d'herbicide				-8.061***
<b>ATE sur la main d'œuvre adulte féminine consacrée au désherbage</b>				
ATE				
non homologué	-0.996	-0.996	-0.996	
Homologué	-1.361	-1.361	-1.361	
utilisateurs d'herbicide				-1.599
<b>ATE sur la main d'œuvre des enfants consacrée au désherbage</b>				
ATE				
non homologué	-1.640	-1.640	-1.640	
Homologué	-1.950*	-1.950*	-1.950*	

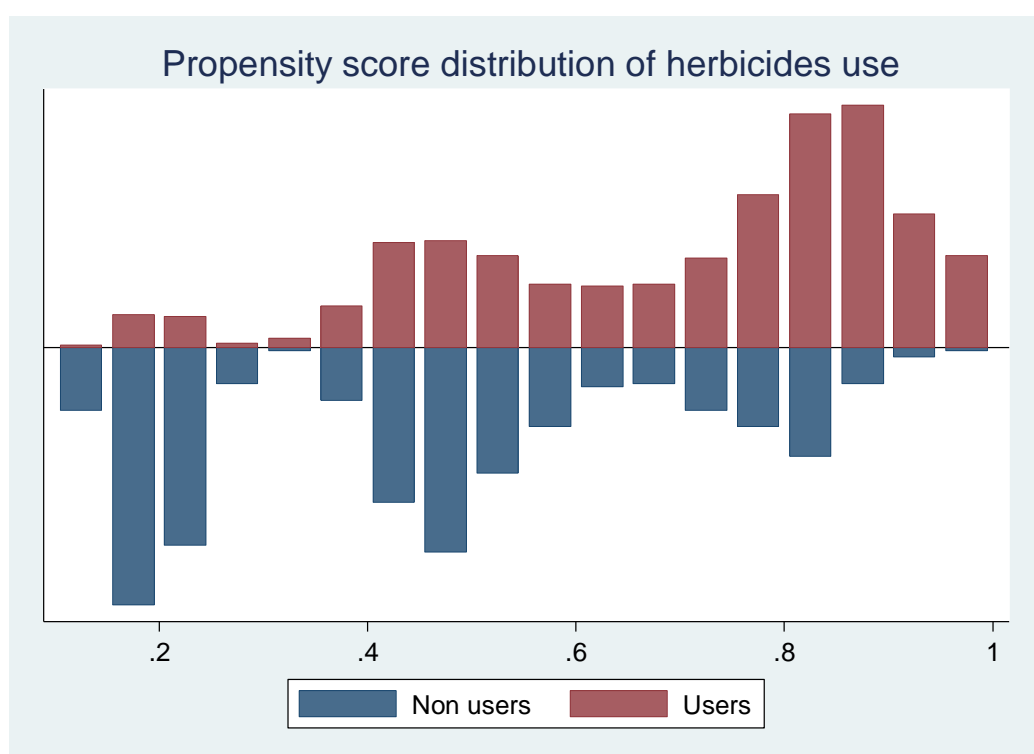
utilisateurs d'herbicide				-1.342
<i>N</i>	1137	1137	1137	1136

*t* statistique en parenthèses  
 \*  $p < 0.10$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$

**Figure 1. Densités conditionnelles pour la probabilité de traitement, par catégorie**



**Figure 2. Distribution du score de propension de l'utilisation des herbicides, des utilisateurs et des non-utilisateurs**



**Figure 3. Probabilité de distribution de l'utilisation des herbicides**

