

## Perception des agriculteurs sur les chocs climatiques et efficience de la production agricole au Burkina Faso

Abou Moussa DIENG\*

Amadé NACANABO\*\*

---

**Résumé** - Cet article évalue l'impact des chocs climatiques mesurés par les perceptions des agriculteurs sur l'inefficience des parcelles agricoles au Burkina Faso. Pour ce faire, nous avons appliqué le modèle d'efficience non paramétrique d'ordre « m » à un ensemble de plus de 21000 parcelles agricoles dont plus des deux tiers sont classées comme parcelles biologiques et un tiers comme parcelles conventionnelles. Les résultats montrent que les chocs climatiques ont un impact significatif sur l'inefficience des parcelles à l'exception des parcelles de mil. L'effet du choc climatique sur l'inefficience des parcelles varie selon les régions. En particulier, les parcelles situées dans la région de la Boucle du Mouhoun et celle du Sud-Ouest sont les plus affectées par les chocs climatiques. Nous trouvons aussi que l'ensemble des zones agro climatiques, à l'exception de la zone sahélienne, sont affectées quel que soit le type de culture.

---

**Classification JEL**

C14, N57, O13, Q18

**Mots-clés**

Choc climatique  
Agriculture  
Méthode non paramétrique  
Scores d'efficience  
Burkina Faso

---

---

\* Enseignant-chercheur à l'Ecole supérieure polytechnique de Nouakchott, Mauritanie. Unité de recherche Eau, Energie et Développement Durable (EEDD). Département de la Statistique et Ingénierie des Données (SID); abou.dieng@esp.mr

\*\* LEAD, Université de Toulon; amadenacanabo@gmail.com

## INTRODUCTION

Situé au cœur de l'Afrique occidentale avec une superficie de 274200 km<sup>2</sup>, le Burkina Faso est un pays enclavé et sahélien. L'agriculture joue un rôle très important dans l'économie, elle occupe 84% de la population active, avec 17% des terres allouées à l'agriculture, selon le rapport de l'Institut National de la Statistique et de la Démographie (INSD) sur l'enquête multisectorielle de 2014. Le sorgho, le mil, le maïs, le riz, l'arachide et le coton constituent les principales cultures du pays.

À l'instar des autres pays de l'Afrique subsaharienne, la sécurité alimentaire reste une priorité pour le Burkina Faso, notamment en ce qui concerne l'accessibilité et la disponibilité alimentaire. D'après les statistiques de la FAO (2016), les pays de l'Afrique de l'Ouest, dont le Burkina Faso, enregistrent une hausse de la disponibilité alimentaire depuis 1960. Cependant, la production nationale du pays reste confrontée à plusieurs difficultés liées au changement climatique et la pauvreté des sols, entraînant ainsi des problèmes liés à la réduction des terres cultivables, l'insuffisance d'azote dans les terres, les températures élevées, les sécheresses et l'avancée du désert.

Dans un tel contexte, la production agricole pour répondre à la demande alimentaire croissante fait face à des défis importants. Pour relever ces défis, les agriculteurs qui disposent de moyens très limités doivent être plus efficaces. Ils doivent notamment optimiser leurs ressources pour faire face à la problématique du changement climatique. Plusieurs études se sont intéressées à l'efficacité des agriculteurs et aux déterminants de cette efficacité dans les pays en développement (Chirwa, 2007 ; Babcombe et al., 2008 ; Mulwa et al., 2009 ; Mango et al., 2015 ; Choukou et al., 2017 ; Combarry, 2017 ; Tchoupé Makougoum, 2018 ; Noufé, 2020, etc.). La particularité de notre étude est de faire une distinction entre l'agriculture biologique et l'agriculture conventionnelle dans l'analyse de l'impact des chocs climatiques sur l'efficacité des parcelles agricoles. L'agriculture biologique, dans ce travail, est celle qui utilise les semences locales tout en excluant l'utilisation des engrais inorganiques et les produits phytosanitaires. De fait, la majorité des agriculteurs du Burkina font de l'agriculture familiale avec des moyens très modestes. Le manque de moyens les contraint à ne pas utiliser des engrais chimiques et des produits phytosanitaires. Ainsi, 78% des parcelles sont cultivées de façon biologique. L'agriculture intensive ou conventionnelle est par opposition celle qui utilise des engrais chimiques et des produits phytosanitaires.

Dans cette étude, les chocs climatiques sont mesurés à travers les perceptions<sup>1</sup> des agriculteurs sur les chocs climatiques de précipitations durant la campagne agricole 2014-2015 résultant d'une enquête sur les conditions de vie des ménages.

Nous utilisons la méthode des frontières non paramétriques dites « d'ordre m », un modèle proposé par Cazals et al. (2002). Ce modèle prend en compte les limites du modèle DEA<sup>2</sup> classique et le FDH<sup>3</sup> notamment sa robustesse aux valeurs aberrantes ou *outliers* et aux problèmes d'échantillonnage. Cette méthode est fondée sur le concept de la fonction de production de maximum espérée.

Les résultats montrent que les chocs climatiques agissent négativement et avec la même ampleur sur l'efficacité des parcelles qu'elles soient biologiques ou conventionnelles. Cependant, les chocs climatiques n'ont aucun effet sur l'efficacité des parcelles de mil biologique. En prenant en compte les zones agro-climatiques, les résultats sont identiques à l'exception de la zone sahélienne.

Cet article présente d'abord la méthodologie et les données utilisées (section 1), puis l'analyse des principaux résultats (section 2).

<sup>1</sup> Il s'agit de la perception du gérant principal de la parcelle.

<sup>2</sup> Data Envelopment Analysis.

<sup>3</sup> Free Disposal Hull.

## 1. MÉTHODOLOGIE ET DONNÉES

### 1.1. Méthodologie et approche économétrique

Les économistes portent une attention particulière aux modèles d'efficacité depuis les années 1970 avec la redécouverte des travaux de Debreu (1951), Koopmans (1951, 1957) et Farrell (1957). On peut définir l'efficacité comme la capacité d'une unité de décision (DMU)<sup>4</sup> à maximiser sa production ou à minimiser ses coûts de production à partir d'un ensemble d'inputs donnés. Dans cette logique nous allons considérer les parcelles de production comme unités décisionnelles. En effet, les agriculteurs pour chaque parcelle utilisent des inputs (les fertilisants comme les engrais organiques ou chimiques, des équipements, de la main d'œuvre, etc.) pour produire, en essayant d'optimiser l'utilisation des ressources de façon systématique (Daraio et Simar, 2007).

Les deux méthodes principales utilisées pour construire la frontière d'efficacité dans l'étude de l'efficacité des parcelles sont les méthodes paramétriques basées sur la spécification fonctionnelle de la frontière, et celles non paramétriques dont les plus connues sont les méthodes FDH<sup>5</sup> et DEA<sup>6</sup> selon la littérature. L'approche paramétrique nécessite d'avoir des hypothèses sur les formes fonctionnelles touchant la frontière de production. Cette frontière peut être considérée comme déterministe ou stochastique (N'gbo, 1994, et Aigner et al., 1994). Ceci constitue une limite majeure car, en retenant cette méthode, nous sommes obligés de spécifier la forme fonctionnelle de la relation entre les inputs et les outputs. Pour pallier ces difficultés, nous utiliserons la méthode non paramétrique qui a l'avantage de reposer sur des hypothèses moins contraignantes.

Comme mentionné plus haut, l'Analyse d'Enveloppement des Données (DEA) est fréquemment utilisée pour mesurer l'efficacité des différentes cultures dans la littérature. Cependant, cette technique présente plusieurs limites qui impactent la robustesse des résultats obtenus. D'abord, l'utilisation de cette méthode nécessite que les données sur les unités de production représentées ici par les parcelles agricoles soient homogènes. En outre, ces modèles considèrent que les DMU hétérogènes sont des variables indépendantes.

Il faut noter que la méthode DEA est très sensible aux *outliers* c'est-à-dire aux valeurs aberrantes ou aux DMU situées loin de la frontière. Dans ce cas, la méthode DEA implique soit de repousser la frontière (ce qui peut entraîner une sous-évaluation des autres DMU), soit de supprimer ces DMU considérées cette fois-ci comme des valeurs aberrantes alors même qu'il peut s'agir de DMU super efficaces. Ces insuffisances nous conduisent à privilégier la méthode de frontières non paramétriques « d'ordre m » proposée par Cazals, Florens et Simar (2002) au détriment de la méthode DEA.

Cette méthode présente plusieurs avantages. Elle prend en compte les valeurs dites aberrantes comme la méthode DEA mais conduit à des résultats plus robustes que les méthodes DEA et FDH. La prise en compte des *outliers* permet de ne pas envelopper toutes les observations, ainsi la frontière n'est pas entièrement impactée par les DMU les plus éloignées de sorte que l'efficacité d'une observation spécifique peut se révéler supérieure à celle du groupe de référence, et dans ce cas son score d'efficacité sera inférieur à l'unité (Daraio et Simar, 2007).

<sup>4</sup> Le terme DMU se réfère à toute entité qui est à même d'être évaluée quant à ses capacités à transformer des inputs en outputs ; ces évaluations pouvant concerner toutes les activités de production et de services, marchandes et non marchandes.

<sup>5</sup> Free Disposal Hull, qui suppose la libre disposition des productions et des intrants comme l'indique son nom.

<sup>6</sup> Analyse d'enveloppement des données.

La méthode d'estimation de la frontière de production « d'ordre  $m$  » proposée par Cazals, Florens et Simar (2002) est fondée sur le concept de la fonction de production maximum espérée. Elle définit, pour un certain niveau d'inputs, le niveau de production maximum espéré parmi un nombre fixé  $m$  de parcelles utilisant une quantité d'inputs inférieure à  $X$ . Ainsi, de façon formelle, l'estimateur s'écrit comme suit :

$$\varphi_m(x) = E[\max(Y^1, \dots, Y^m) | X \leq x] \quad (1)$$

$$\varphi_m(x) = \int_0^\infty [1 - F_c(y|x)^m] dy \quad (2)$$

Un estimateur naturel est alors donné par la formule :

$$\hat{\varphi}_{m,n} = \int_0^\infty [1 - \hat{F}_c(y|x)^m] dy \quad (3)$$

où  $F$  représente la fonction de distribution empirique.

L'estimation de cette frontière peut s'effectuer par une méthode de *bootstrapping*. Il est également important de noter que l'efficacité « d'ordre  $m$  » représente une variation des *outliers* robustes de l'approche FDH, qui relâche l'hypothèse de convexité inhérente au modèle DEA (Cazals, Florens et Simar, 2002).

En ce qui concerne la méthode dite « d'ordre  $m$  », il convient de souligner que la distinction entre les versions d'orientation en inputs et outputs  $y$  est encore plus importante que dans le modèle DEA. En effet, dans la méthode « d'ordre  $m$  », les orientations des inputs et outputs ne diffèrent pas seulement par rapport à la direction dans laquelle la distance de la frontière de production est mesurée, mais aussi par rapport aux frontières elles-mêmes (Felder et Tauchmann, 2013). Le choix de «  $m$  » est donc important pour les applications. En effet, quand  $m \rightarrow \infty$ , l'efficacité « d'ordre  $m$  » coïncide avec FDH<sup>7</sup>. Ainsi, pour la robustesse aux données aberrantes, les valeurs de «  $m$  » doivent être relativement petites, car plus «  $m$  » devient petit, plus la part des DMU super-efficaces augmente. Notons que le choix de «  $m$  » se fait de façon arbitraire (Simar, 2003). Dans le cas d'un ensemble d'inputs multi-dimensionnels, le nuage n'est quasiment enveloppé que par des valeurs de «  $m$  » très importantes. Ainsi dans ce cas des valeurs de «  $m$  » importantes sont nécessaires afin d'assurer un nombre raisonnable d'observations au-dessous de la frontière. Un nombre trop élevé de parcelles efficaces rendra l'interprétation des résultats difficiles et diminuera de façon mécanique le nombre d'observations utilisées pour la seconde étape.

L'objectif final de la mesure de l'efficacité relative est d'identifier deux catégories, selon que le score d'efficacité soit égal ou supérieur à l'unité<sup>8</sup>. Etant donné que les parcelles n'ont pas les mêmes inputs nous avons utilisé deux frontières, une frontière pour les parcelles biologiques et une frontière pour les parcelles conventionnelles. La deuxième étape vise à expliquer les scores d'inefficacité ( $\hat{\lambda}_k$ ) obtenus lors de la première étape par un ensemble de variables explicatives ou de variables environnementales.

$$\begin{cases} \hat{\lambda}_k = \beta z_k + \varepsilon_k \\ \text{st. } \hat{\lambda}_k \geq 1 \end{cases} \quad (4)$$

Le recours aux modèles de troncature s'appuie sur les travaux de Simar et Wilson (2007) qui montrent que les estimateurs Tobit sont biaisés pour deux raisons. Tout d'abord, étant donné que la véritable frontière ne peut être observée et que les

<sup>7</sup> Pour plus de détails, voir Felder et Tauchmann (2013).

<sup>8</sup> Pour la version d'orientation en outputs, le score d'efficacité  $\lambda$  est compris entre 1 et plus l'infini.

scores d'efficacité sont remplacés par les valeurs estimées de  $\hat{\lambda}_k$ , il est possible que se manifeste une corrélation sérielle du terme d'erreur. Deuxièmement, il existe une corrélation potentielle entre les variables Z et le terme d'erreur, car les variables d'environnement peuvent être corrélées aux inputs et outputs retenus lors de la première étape (et donc avec  $\hat{\lambda}_k$ ). Dans de telles circonstances, il apparaît donc que, lors de la deuxième étape, les approches standards d'inférence peuvent être invalidées.

De ce fait, afin d'obtenir des coefficients bêta non biaisés et des intervalles de confiance valides, nous retenons, pour nos estimations, la procédure de double bootstrap recommandée par Simar et Wilson (2007). Ici, l'équation (4) est estimée par la méthode dite « de maximum de vraisemblance tronquée », qui permet d'obtenir  $\hat{\beta}$  et  $\hat{\sigma}$ . En ajoutant que, pour chaque observation, un ensemble de  $\varepsilon_k$  d'une distribution  $N(0, \sigma_\varepsilon^2)$  et une troncature à  $1 - \beta z_k$  est reprise afin de calculer  $\lambda_k^* = \hat{\beta} z_k + \varepsilon_k$ . Par la suite, cette procédure sera répliquée 1000 fois et la fréquence des estimations de bootstrap sera alors utilisée pour fournir l'inférence pour  $\hat{\beta}$ .

## 1.2. Données

Nous utilisons l'enquête multisectorielle réalisée par l'INSD (Institut National de la Statistique et de la Démographie) en 2014. Ces données émanent de la Banque mondiale. Après la réalisation de l'enquête, le nombre de ménages était de 10081. Il s'agit d'une enquête sur les conditions de vie des ménages. C'est un sondage stratifié à double degré sur l'ensemble du territoire national et qui aborde plusieurs thématiques. Pour notre étude, nous avons conservé uniquement les ménages agricoles cultivant le sorgho, le mil et le maïs en agriculture biologique et/ou conventionnelle. Nous avons retenu 21294 parcelles cultivées pour la campagne agricole 2014/2015 (biologiques et conventionnelles). Notons que les ménages peuvent avoir plusieurs parcelles. Dans cet échantillon, l'agriculture biologique occupe 16706 parcelles (soit 78%) et l'agriculture conventionnelle 4588 (soit 22%).

## 1.3. Choix des inputs et de l'output

Pour étudier l'efficacité de la production agricole, certains auteurs utilisent comme output la production agricole (Koirala et al., 2016 ; Bacombe et al., 2008), d'autres utilisent les rendements agricoles. Dans ce travail, nous utilisons comme output la production récoltée pour la campagne agricole 2014-2015 des trois céréales mesurées en kilogramme. Les inputs peuvent être classés en quatre grandes catégories : la main d'œuvre, les fertilisants, les équipements agricoles et la superficie des parcelles cultivées.

- La main d'œuvre est l'ensemble des travailleurs de la parcelle<sup>9</sup>. La main d'œuvre moyenne utilisée par parcelle pour l'ensemble des trois cultures est de 20 personnes par parcelle pour l'agriculture biologique et de 23 personnes par parcelle pour l'agriculture conventionnelle (annexes 1 et 2).
- Les fertilisants sont de deux types. Pour l'agriculture biologique, ce sont les déchets des animaux et les ordures ménagères. Pour l'agriculture conventionnelle, ils sont constitués d'engrais inorganiques et chimiques (Burkina phosphate, NPK/formule unique, autres engrais chimiques et produits phytosanitaires). Les agriculteurs ont utilisé en moyenne 9,22 kg de fertilisants par parcelle pour l'agriculture conventionnelle (annexes 1 et 2).
- Les équipements sont mesurés par la valeur de l'ensemble des équipements utilisés sur une parcelle (tracteurs, pulvérisateurs, motoculteurs, charrues, houe/asine étoile,

<sup>9</sup> Elle est constituée essentiellement des membres du ménage, qui représentent une main d'œuvre non rémunérée.

semoir, animaux de labour, etc.). En moyenne, la valeur des équipements utilisés est de 73700 francs CFA par parcelle.

- Les superficies sont données par des mesures objectives à l'aide de matériel topographique (boussole, ruban métrique et jalon) de toutes les parcelles. Il s'agit essentiellement de petites exploitations familiales dont la superficie moyenne pour notre échantillon est de 1,60 hectare.

#### 1.4. Choix des variables explicatives

La variable de choc climatique considérée est une variable dichotomique qui prend la valeur 1 si le gérant de la parcelle déclare avoir subi la sécheresse<sup>10</sup> ou l'inondation et 0 sinon. Suivant cette distinction, 75,2% des agriculteurs déclarent avoir subi des chocs climatiques durant cette campagne agricole ; 75% des agriculteurs qui ont subi un choc climatique ont perdu plus d'un tiers de leurs récoltes (tableau 1).

**Tableau 1. Statistique descriptive sur la perception d'un choc climatique et de ses effets sur la production**

Proportion de la récolte perdue avant la récolte	Choc climatique <sup>a</sup>				Total
	0		1		
	Nombre	%	Nombre	%	
0	16	0,26	0	0	16
Entre 0 et 1/3	718	11,90	2475	41,03	3193
Entre 1/3 et 2/3	554	9,1	1818	30,14	2372
2/3 ou plus	147	2,43	573	9,5	720
Total	1435	23,79	4866	74,50	6031

<sup>a</sup> 1 si le ménage a déclaré avoir subi un choc climatique, 0 si le ménage n'a pas subi de choc climatique. Source : construit par les auteurs avec les données de l'enquête.

La littérature sur le sujet tend à s'accorder quant au choix des caractéristiques socioéconomiques à retenir (par exemple Chirwa, 2007 ; Bacombe et al., 2008 ; Mulwa et al., 2009 ; Mango et al., 2015 ; Choukou et al., 2017 ; Combarry, 2017 ; Noufé, 2020). Pour notre étude, les variables retenues sont résumées dans les tableaux 2, 3 et 4.

**Tableau 2. Description des variables explicatives**

Variables	Description
Genre du gérant principal	Variable dichotomique qui prend la valeur 1 si le gérant principal de la parcelle est un homme et 0 si c'est une femme. Nous avons beaucoup plus de gérants (environ 92,8%) que de gérantes (7,2%) dans l'échantillon global (tableau 3).
Alphabétisation du gérant principal	Variable dichotomique qui prend la valeur 1 si le gérant principal de la parcelle est alphabétisé et 0 sinon. 65% de gérants sont alphabétisés (tableau 3).
Activité principale du gérant principal	Variable dichotomique qui prend la valeur 1 si le gérant principal de la parcelle a pour activité principale l'agriculture et 0 sinon.
Choc climatique	Variable dichotomique qui prend la valeur 1 si le gérant principal de la parcelle déclare avoir subi un choc climatique et 0 sinon.
Mode de propriété de parcelles	Variable dichotomique qui prend la valeur 1 si le gérant principal de la parcelle est propriétaire de la parcelle cultivée et 0 sinon.
Labour	Variable dichotomique qui prend la valeur 1 si la parcelle a été labourée et 0 sinon.

Source : auteurs.

<sup>10</sup> La sécheresse dans cette étude est définie comme une insuffisance des précipitations qui se manifeste soit par un démarrage tardif des pluies ou par l'irrégularité des pluies.

**Tableau 3. Statistique descriptive des variables quantitatives**

Variable	Obs.	Moyenne	Ecart-type	Min	Max
<b>Mil bio</b>					
Âge	4570	50.08249	15.374771	16	99
Taille du ménage	4570	9.867834	6.348426	1	63
<b>Maïs bio</b>					
Âge	4468	47.73702	15.0958	15	99
Taille du ménage	4468	8.798568	5.516053	1	63
<b>Sorgho bio</b>					
Âge	7764	49.79225	15.7164	15	99
Taille du ménage	7764	9.6232261	6.416589	1	63
<b>Mil conventionnel</b>					
Âge	807	50.4039	14.90467	19	97
Taille du ménage	807	11.04089	7.400091	1	63
<b>Maïs conventionnel</b>					
Âge	2345	46.55011	14.91049	15	99
Taille du ménage	2345	8.65032	5.175391	1	49
Scores d'efficience	2345	0.4127907	0.3188257	0.00094	1
<b>Sorgho conventionnel</b>					
Âge	1465	49.73174	15.25305	15	97
Taille du ménage	1465	10.71672	7.451365	1	60

Source : auteurs.

**Tableau 4. Statistique descriptive des variables dichotomiques**

Variable	Modalité	Biologique		Conventionnel	
		Nombre	%	Nombre	%
<b>Sorgho</b>					
Choc	1 : Déclare avoir subi un choc climatique	2188	28,18	311	21,23
	0 : Déclare n'avoir pas subi un choc climatique	5576	71,82	1154	78,77
Genre	1 : Homme	7143	92,00	1371	93,50
	0 : Femme	621	8,00	94	6,50
Mode de propriété	1 : Propriétaire	6135	21,00	1151	78,50
	0 : Non propriétaire	1629	79,00	314	21,50
Type de sol	1 : argileux	3343	43,06	592	40,41
	0 : autre type de sol	4421	56,94	813	53,59
Branche d'activité	1 : agriculteur	6756	87,02	1253	85,53
	0 : autre branche d'activité	1008	12,98	212	14,47
Labour	1 : labouré	4143	53,36	1033	70,51
	0 : pas labouré	3621	46,64	432	29,49
Alphabétisation	1 : alphabétisé	1643	21,16	395	26,96
	0 : non alphabétisé	6121	78,84	1070	73,04
<b>Mil</b>					
Choc	1 : Déclare avoir subi un choc climatique	1448	31,68	191	23,67
	0 : Déclare n'avoir pas subi un choc climatique	3122	68,32	616	76,33
Genre	1 : Homme	4251	93,02	763	94,55
	0 : Femme	319	6,98	44	5,45
Mode de propriété	1 : Propriétaire	3739	81,82	655	81,16
	0 : Non propriétaire	831	18,18	152	18,84
Type de sol	1 : argileux	2540	55,58	450	55,76
	0 : autre type de sol	2030	44,42	357	44,24
Branche d'activité	1 : agriculteur	3989	87,29	694	86,00
	0 : autre branche d'activité	581	12,71	113	14,00
Labour	1 : labouré	2216	51,51	522	64,68
	0 : pas labouré	2354	48,49	285	35,32
Alphabétisation	1 : alphabétisé	1016	22,23	227	28,13
	0 : non alphabétisé	3554	77,77	580	71,87
<b>Maïs</b>					
Choc	1 : Déclare avoir subi des irrégularités des pluies	1188	26,59	556	23,71
	0 : Déclare n'avoir pas subi d'irrégularités des pluies	3280	73,81	1789	76,29
Genre	1 : Homme	4195	93,89	2217	94,54
	0 : Femme	273	6,11	128	5,46
Mode de propriété	1 : Propriétaire	3409	76,30	1756	74,88
	0 : Non propriétaire	1059	23,70	589	25,12
Branche d'activité	1 : agriculteur	3680	86,39	2032	86,35
	0 : autre branche d'activité	608	16,61	313	13,35
Labour	1 : labouré	3117	30,24	1338	78,38
	0 : pas labouré	3351	69,76	509	21,62
Alphabétisation	1 : alphabétisé	1144	25,60	686	29,25
	0 : non alphabétisé	3324	74,40	1659	70,75

Source: construit par les auteurs avec les données de l'enquête.

## 2. ANALYSES DES RÉSULTATS

### 2.1. Analyse des scores d'efficience

Après avoir contrôlé la sensibilité des résultats en faisant varier  $m$  sur un intervalle suffisamment large, nous avons fixé  $m$  à 25 car il existe une forte corrélation entre les différentes valeurs de  $m$  (annexe 3 et 4). Cette forte corrélation implique que le classement en termes d'efficience des parcelles agricoles par les différents modèles ( $m=15, m=25, m=35, m=50, m=75$ ) sont similaires. Les parcelles conventionnelles sont en moyennes plus efficaces que les parcelles biologiques (tableau 5).

**Tableau 5. Statistique descriptive des scores d'efficience**

	Observations	Moyenne	Ecart-type	Minimum	Maximum
Mil bio	4570	9.14	3.77	1	20
Maïs bio	4468	8.87	4.86	1	17
Sorgho bio	7764	13.72	16.55	1	28
Mil conventionnel	807	7.32	2.67	1	12
Maïs conventionnel	2345	8.12	3.12	1	14
Sorgho conventionnel	1465	5.34	2.11	1	11

Source : auteurs.

**Tableau 6. Résumé des scores d'efficience**

Parcelles biologique	Nombre	Super efficaces	Efficientes	Inefficientes
Mil	4570	0,007%	4,5%	95,49%
Sorgho	7764	0,004%	2,9%	97,10%
Maïs	4468	0,008%	4,7%	95,29%
Total	16706			
Parcelles conventionnelles	Nombre	Super efficaces	Efficientes	Inefficientes
Mil	807	0,12%	18,9%	80,98%
Sorgho	1464	0,16%	11,4%	88,44%
Maïs	2329	0,09%	12,9%	87,01%
Total	4588			

Source : auteurs.

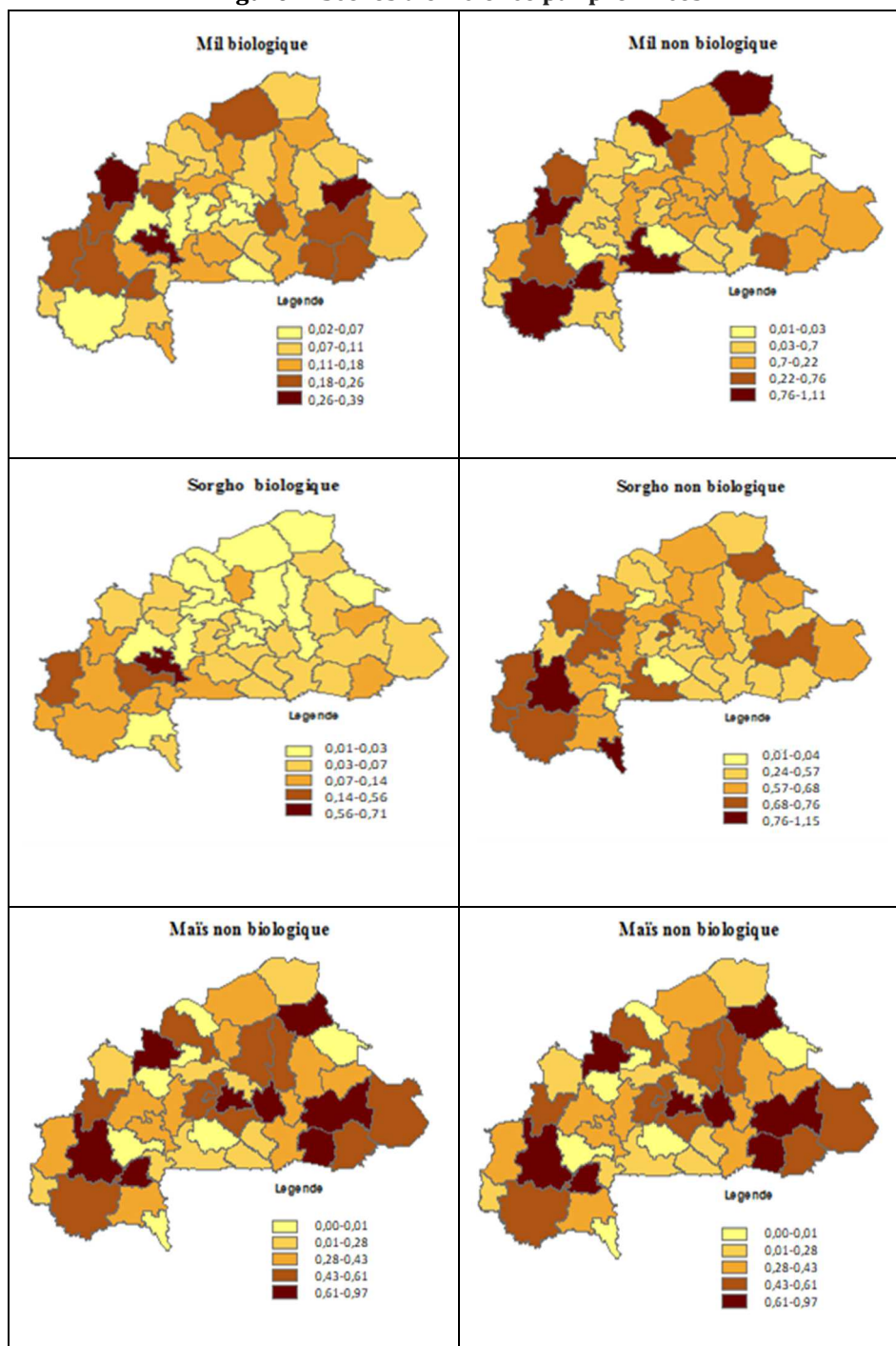
Notre analyse des scores d'efficience montre en moyenne des résultats beaucoup plus faibles pour les parcelles biologiques comparativement aux parcelles conventionnelles. Les résultats indiquent que seulement 4,5%, 4,7%, et 2,9% des parcelles sont efficaces, respectivement dans la culture biologique du mil, du maïs et du sorgho. Pour l'agriculture conventionnelle, les parcelles les plus efficaces sont celles du mil (18,9%), suivies du maïs (12,9%) et du sorgho (11,04%) (tableau 6).

Les parcelles les plus efficaces dans les trois cultures, aussi bien dans l'agriculture biologique que conventionnelle, se situent dans les régions de la Boucle du Mouhoun (Banwa, Balé, Kossi, Mouhoun, Nayala, et Sourou) et la région des Hauts Bassins (Houet, Kéné Dougou, et Tuy). Il apparaît une augmentation significative des scores d'efficience des parcelles conventionnelles du mil par rapport aux parcelles biologiques dans la province de l'Oudalan et des Balé.

Pour la culture du sorgho, le nombre de parcelles efficaces représente 2,9% pour l'agriculture biologique et 11% pour l'agriculture conventionnelle, avec de fortes disparités provinciales. Pour la culture du maïs, on note 4,7% de parcelles efficaces dans l'agriculture biologique et 12,9% dans l'agriculture conventionnelle. La région de l'Est (Gnagna, Gourma, Komandjari, Kompienga et Tapoa) enregistre les parcelles les plus efficaces pour la culture du maïs biologique et conventionnelle. Enfin, pour la culture du mil les disparités provinciales des scores d'efficience entre les parcelles de mil biologique et conventionnelle ne sont pas très significatives (figure 1).



Figure 1. Scores d'efficacité par provinces



Source: construit par les auteurs.

## 2.2. Discussion des résultats

Dans la première étape, nous avons calculé les scores d'efficacité. En moyenne près de 90% des parcelles sont inefficaces (tableau 6). L'objectif de la deuxième étape est de chercher les facteurs explicatifs de cette inefficacité. Dans cette étape, les résultats des régressions bootstrap tronquées, appliquées aux scores d'inefficacité (avec score  $m=25$ ) identifiées lors de la première étape (soit 21294 parcelles), ont été réunis. Les résultats des estimations avec des outputs (scores  $m=25$ ) et des inputs sont reportés dans le tableau 7.

**Tableau 7. Résultats des estimations sans effet fixe frontière**

	Agriculture biologique			Agriculture conventionnelle		
	Mil	Sorgho	Mais	Mil	Sorgho	Mais
Choc climatique	0.019**	0.022***	0.068***	0.0348	0.098***	0.05***
Genre du gérant	-0.019	-0.068***	-0.051***	-0.025	-0.0244	-0.065**
Mode de propriété	-0.00970	-0.0130**	0.0460***	-0.0412	-0.00436**	0.06***
Branche d'activité	-0.0161	-0.0243***	-0.00258	-0.0421	-0.0536**	-0.0106
Labour	-0.00902	0.0237***	0.0160**	-0.0278	-0.00484	-0.0122
Alphabétisation	0.0107	0.00637	0.00810	-0.057**	-0.00212**	-0.033**
Taille du ménage	-0.04***	-0.0018***	-0.004***	-0.0030*	-0.0038***	-0.0073***
Age du gérant	0.00673	0.000960	0.0042***	0.0087*	0.0095***	0.00533**
Age <sup>2</sup>	-1.3e-06	1.02e-06	3.33e-05**	6.43e-05	7.9e-05***	4.78e-05*
Constante	0.241***	0.179***	0.399***	0.617***	0.746***	0.640***
Observations	4474	7764	4468	795	1465	2329

*Variable expliquée : score d'inefficacité.*

*\*, \*\*, \*\*\* indiquent respectivement la significativité des coefficients à 10%, 5% et 1%.*

### 2.2.1. Agriculture biologique

Dans ce travail, l'agriculture biologique est définie comme celle utilisant comme fertilisant l'engrais organique composé des déchets des animaux et les ordures ménagères. L'exclusion de semences améliorées et d'engrais inorganiques et produits phytosanitaires s'explique la plupart du temps par l'état de pauvreté des agriculteurs qui sont contraints de faire de l'agriculture biologique par manque de ressources financières. On peut donc qualifier cette agriculture, « d'agriculture biologique contrainte ». Ces agriculteurs n'ont pas de label AB (agriculture biologique), mais cette appellation est en phase avec la définition de l'agriculture biologique dans plusieurs pays<sup>11</sup>.

Pour l'ensemble des trois cultures, les chocs climatiques impactent positivement l'inefficacité des parcelles. Ce résultat pourrait s'expliquer par le fait que les chocs climatiques perturbent la planification dans l'utilisation de ressources. Par exemple le démarrage tardif des pluies peut entraîner une pourriture des premiers semis. Il en est de même pour l'arrêt précoce des pluies. L'incapacité des agriculteurs à anticiper ces chocs peut expliquer le gaspillage de ressources qui en résulte. Cet impact est plus accentué sur les parcelles de maïs comparativement aux autres types de culture (tableau 4). Il peut s'expliquer par le fait que le maïs ne tolère pas la sécheresse contrairement aux cultures du mil et du sorgho.

Le maïs est très sensible aux aléas climatiques liés à la variabilité et aux extrêmes pluviométriques (Sarr et al., 2011). Il est généralement cultivé dans les zones soudanaises et soudano-sahéliennes où les conditions pluviométriques sont favorables. Les besoins en eau du maïs augmentent avec la longueur du cycle et du type

<sup>11</sup> Par exemple en France elle est définie comme toute agriculture n'utilisant pas de produits chimiques de synthèse, selon la loi du 4 juillet 1980 sur l'orientation de la politique agricole.

de climat. Il faut en fonction du type de climat entre 400 mm et 800 mm de pluie pour boucler son cycle (Doorenbos et Kassam, 1980). Le résultat concernant le maïs quant à l'effet négatif du changement climatique sur la production est en phase avec la littérature (Sarr et al., 2011). Pour la culture du mil, nos résultats retrouvent ceux de Bougma et al. (2018) qui montrent que les effets du changement climatique les plus perçus par les agriculteurs de mil sont la fréquence des sécheresses et le raccourcissement des saisons. Ils montrent en outre que les effets du changement climatique entraînent une baisse des rendements de mil.

Les résultats montrent en outre que la spécialisation du gérant principal de l'activité agricole impacte négativement l'inefficience des parcelles de sorgho, tandis que cette spécialisation n'a aucun impact sur l'inefficience des parcelles de maïs et de mil. Ce résultat retrouve celui de Bacombe et al. (2008). La spécialisation permet aux agriculteurs de mieux maîtriser le cycle des cultures et se présente donc comme une bonne méthode d'adaptation à la sécheresse et aux inondations.

Il apparaît aussi que les parcelles de sorgho et de maïs gérés par les hommes sont beaucoup plus efficaces que celles gérées par les femmes. Généralement, les hommes participent à des séances de formation et de sensibilisation sur les différentes méthodes à utiliser pour faire face aux effets du changement climatique. Les hommes sont les plus actifs dans les organisations professionnelles des producteurs et sont généralement membres dirigeants dans ces organisations. Ce qui leur permet de bénéficier en premier des différentes formations. À l'inverse, la majorité des femmes ne bénéficient pas de ces formations par manque de temps et doivent s'occuper en général des enfants et des tâches ménagères. Ce résultat corrobore ceux trouvés par Mulwa et al. (2009), Mango et al. (2015) et Choukou et al. (2017).

Le capital humain mesuré par l'alphabétisation n'a aucun impact sur l'inefficience des parcelles biologique des trois cultures au Burkina Faso. Ces résultats contredisent ceux de Nana et Atangana (2012) qui trouvent que le capital humain améliore l'utilisation des ressources d'où un effet négatif sur l'inefficience. Cependant, pour les parcelles conventionnelles, l'alphabétisation joue un rôle négatif sur l'inefficience. Cela pourrait s'expliquer par le fait que l'utilisation des engrais dans l'agriculture conventionnelle demande une certaine formation, ce qui n'est pas le cas dans l'agriculture biologique.

Nous trouvons les mêmes résultats que Alvarez et Arias (2004), Thiam et al. (2001) et Nyemeck et al. (2006) sur l'impact négatif de la taille du ménage sur l'inefficience des parcelles de sorgho et de mil. Nous trouvons cependant un impact positif de la taille du ménage sur l'inefficience des parcelles de maïs. Les parcelles biologiques de maïs étant de petite taille, elles nécessitent moins de main d'œuvre.

Nos résultats montrent que l'âge du gérant principal joue positivement sur l'inefficience des parcelles de maïs. Ceci peut sembler paradoxal mais cela pourrait s'expliquer par le fait que plus le gérant vieillit moins il a de force pour s'occuper de sa parcelle. De plus avec l'âge les agriculteurs ont moins accès aux services de vulgarisation et sont moins réceptifs à l'adoption de nouvelles variétés et à l'emploi de nouvelles technologies de production. Toutefois il existe un âge seuil au-delà duquel l'inefficience se réduit. Il se peut que grâce à leur expérience accumulée au cours des années, les agriculteurs les plus âgés puissent mieux contribuer à l'efficacité de leurs parcelles.

Le fait de labourer les parcelles de sorgho et de maïs diminue l'inefficience. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que le labour permet à la plante une consommation optimale de l'eau. L'entretien d'une parcelle labourée devient plus facile et nécessite moins de main d'œuvre. Ce résultat corrobore ceux de Mulwa et al. (2009) et Billaz (1982). La non-significativité du labour sur les parcelles de mil semble s'expliquer d'une part par la mauvaise maîtrise des techniques de labour sur ces parcelles et

d'autre part par le manque d'entretien car le labour est une condition nécessaire mais pas suffisante pour améliorer l'efficacité d'une parcelle.

Il apparaît aussi que le fait d'être propriétaire de la parcelle réduit l'inefficacité des parcelles de sorgho biologique contrairement aux parcelles de maïs. On peut supposer que les propriétaires s'investissent beaucoup dans l'entretien des parcelles de sorgho car elles constituent généralement la culture et la source d'approvisionnement principales du grenier. L'accent est donc mis sur l'entretien des parcelles de sorgho au détriment relatif de celles du maïs.

### **2.2.2. Agriculture intensive ou conventionnelle**

Pour l'agriculture conventionnelle, c'est-à-dire celle utilisant des semences améliorées et des fertilisants inorganiques tels que l'engrais chimique y compris des produits phytosanitaires, les résultats montrent que les chocs climatiques accentuent nettement l'inefficacité des parcelles de sorgho et de maïs, mais n'ont aucun effet sur celles du mil. Par rapport aux parcelles biologiques, l'impact des chocs climatiques est beaucoup plus élevé sur l'inefficacité des parcelles conventionnelles de sorgho. On peut dire que l'utilisation d'engrais sur les parcelles de mil permet de compenser les pertes de production résultant de chocs climatiques. Cependant, on constate un impact plus élevé des chocs climatiques sur les scores d'inefficacité des parcelles de maïs biologique comparativement au maïs conventionnel.

Les parcelles de maïs gérées principalement par les hommes sont plus efficaces que celles gérées par les femmes. Ce résultat est en phase avec celui trouvé dans l'agriculture biologique. De plus, l'alphabétisation du gérant principal de la parcelle permet d'améliorer l'efficacité des parcelles pour les trois cultures contrairement à l'agriculture biologique. L'alphabétisation permet aux gérants des parcelles de s'auto-former à travers des documents sur les techniques de résilience écrits en langues locales. De plus, les formations des agriculteurs concernent généralement les parcelles conventionnelles. Or l'alphabétisation a pour objectif de permettre aux agriculteurs de suivre ces formations ou de s'auto-former. Pour la taille du ménage, les résultats sont identiques à ceux de l'agriculture biologique à l'exception des parcelles de sorgho.

Quant aux modes de propriété de la parcelle, l'âge et la spécialisation de l'activité agricole, on trouve les mêmes résultats que dans l'agriculture biologique. Cependant, le fait de labourer n'a aucun effet sur l'inefficacité des parcelles contrairement aux parcelles biologiques. L'utilisation des engrais chimiques et des produits phytosanitaires pourrait compenser le manque d'entretien lié au labour.

Les résultats ainsi obtenus ne prennent pas en compte l'effet spécifique de chaque région. Les régions étant très hétérogènes du point de vue de la répartition pluviométrique et de la fertilité des sols, la prise en compte de leurs spécificités peut être importante pour l'analyse des chocs climatiques sur l'efficacité des parcelles.

### **2.2.3. Analyse inter-régionale ou analyse avec effet fixe frontière**

Les résultats sans effet fixe frontière donnés au tableau 7 cachent une grande hétérogénéité régionale. Afin de saisir l'impact spécifique des effets propres à chaque région, nous avons introduit des *dummies* pour chaque région. Pour éviter le problème de surdétermination d'une part et de colinéarité d'autre part, cette méthode nécessite l'omission volontaire d'une région qui sera considérée comme région de référence à laquelle les 12 autres régions seront comparées.

Nous avons choisi d'omettre la région du Sahel, car cette région se caractérise par une pluviométrie très irrégulière et des températures en hausse continue (PANA, 2011). Les résultats montrent que les coefficients des variables *dummies* des

régions sont statistiquement significatifs (tableau 8). Les régions sont ainsi très hétérogènes dans la culture du mil et du sorgho, aussi bien pour l'agriculture biologique que pour l'agriculture conventionnelle. On note par contre une certaine homogénéité des régions dans la culture du maïs conventionnelle.

**Tableau 8. Résultats des estimations avec effet des différentes régions**

	Agriculture biologique			Agriculture conventionnelle		
	Sorgho	Mil	Maïs	Sorgho	Mil	Maïs
Choc climatique	0.0536***	0.0410***	0.0535***	0.0936***	0.0515*	0.0455***
Genre du gérant	-0.0512***	0.00492	-0.0346**	-0.0218	-0.0233	-0.0590**
Mode propriété	0.0105*	0.0128	-0.0259***	-0.00714	0.0422	-0.0737***
Branche d'activité	-0.0193***	-0.0270**	-0.00198	-0.0644***	-0.0458	-0.0114
Labour	-0.0338***	-0.00371	-0.00970	-0.0105	-0.0145	-0.0118
Alphabétisation	-0.00474	-0.00790	-0.000299	-0.0252	0.0333	-0.0339**
Taille du ménage	-0.0016***	-0.0036***	-0.00290***	-0.00484***	0.00114	-0.00742***
Âge du gérant	0.000505	-0.000651	-0.00265*	-0.00903***	-0.00753*	-0.00502**
Âge <sup>a</sup>	-9.24e-06	2.59e-06	1.92e-05	7.34e-05**	5.33e-05	4.42e-05*
Sahel	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Est	0.0539***	0.0343*	0.117***	0.178**	0.359***	0.121
Sud-Est	0.0561***	0.0616***	0.0516	0.292***	0.405***	0.145
Centre-Nord	0.0657***	0.0923***	0.0194	0.238***	0.220***	0.233
Centre-Ouest	0.128***	0.174***	0.0539	0.222***	0.320***	0.208
Plateau central	0.0903***	0.116***	0.0309	0.179**	0.348***	0.0371
Nord	0.0841***	0.0925***	0.0426	0.203***	0.259***	0.223
Centre-Est	0.150***	0.137***	0.0240	0.368***	0.422***	0.190
Centre	0.132***	0.150***	0.00167	0.349***	0.333***	0.0333
Cascade	0.0677***	0.0679	0.151***	0.229**	0.330***	0.153
Centre-Sud	0.108***	0.155***	0.0739**	0.315***	0.417***	0.137
Hauts-Bassins	0.131***	0.0679**	0.217***	0.112	0.215***	0.115
Boucle de Mouhoun	0.0219	0.0141	0.0921***	0.103	0.244***	0.139
Constant	0.216***	0.323***	0.256***	0.948***	0.879***	0.782***
Observations	7,764	4,474	4,468	1,465	795	2,329

Variable expliquée : score d'inefficience.

\*, \*\*, \*\*\* indiquent respectivement la significativité des coefficients à 10%, 5% et 1%.

En prenant en compte l'hétérogénéité des régions, les chocs climatiques ont un impact sur les scores d'inefficience des parcelles des trois cultures considérées, avec une accentuation marquée sur les parcelles de sorgho conventionnelles.

La nature fortement hétérogène des régions dans la culture du mil et du sorgho nous a conduit à effectuer une analyse de chaque région par rapport à ces deux cultures. Les résultats montrent que les chocs climatiques agissent sur l'inefficience des parcelles de mil biologique dans toutes les régions à l'exception de la région des Cascades, la région de la Boucle du Mouhoun et la région de l'Est. On note en outre une grande disparité de l'ampleur des chocs climatiques sur l'efficience entre les différentes régions. Pour les parcelles de mil conventionnel, seules les régions du Centre-Sud, du Sahel, de l'Est et Sud-Est connaissent un impact des chocs climatiques sur les scores d'inefficience (annexe 5).

#### 2.2.4. Analyse selon la zone agro-climatique

Afin de mettre en exergue l'effet des chocs climatiques sur les cultures dans chaque zone agro-climatique, nous avons repris les estimations avec les mêmes variables de contrôle pour chaque culture biologique et conventionnelle dans chaque zone agro-climatique.

Rappelons que le Burkina Faso peut être subdivisé en trois zones agro-climatiques. La zone sahélienne est située au nord avec des précipitations comprises entre 400 mm et 700 mm, les sols secs et dégradés conduisent à de faibles niveaux de production. La production de mil et de bétail est dominante. La zone soudano-sahélienne est située au centre avec des précipitations comprises entre 700 mm et

900 mm ; avec des sols de plus en plus fertiles la production agricole est dominée par le sorgho et l'arachide. Enfin la zone soudanienne avec des précipitations moyennes annuelles qui peuvent dépasser 1200 mm, les sols sont plus fertiles. Le maïs, le coton et le riz sont les plus cultivés dans cette zone.

Les résultats donnés dans les tableaux 9 et 10 montrent que les chocs climatiques ont un effet sur l'inefficience des parcelles dans les différentes zones agro-climatiques à l'exception de la zone sahélienne. Dans cette zone, cela pourrait s'expliquer, d'une part, par le fait que les gérants des parcelles ont une mauvaise perception des chocs climatiques et, d'autre part, par la faible population agricole. En effet, dans cette zone, l'activité principale est l'élevage, ce qui peut rendre les chocs climatiques moins perceptibles que dans la zone soudano-sahélienne caractérisée par une forte démographie essentiellement agricole avec une forte pression sur les terres agricoles.

**Tableau 9. Résultats des estimations pour le sorgho et le mil biologiques**

	Zone soudanienne		Zone soudano-sahélienne		Zone sahélienne	
	Agriculture biologique		Agriculture biologique		Agriculture biologique	
	Sorgho	Mil	Sorgho	Mil	Mil	Sorgho
Choc climatique	0.1***	0.12***	0.0099	0.0333***	0.0179	0.0109
Genre	-0.0544**	-0.0207	-0.0635***	-0.0151	-0.0384	-0.0560**
Mode propriété	-0.0381*	-0.0412	-0.0206***	-0.0009	-0.0404**	-0.0078
Branche d'activité	-0.0056	-0.0211	-0.0279***	-0.0219*	-0.0050	-0.0306*
Labour	-0.134***	-0.0482	-0.0121**	-0.0133	-0.0030	-0.0081
Alphabétisation	0.0399	-0.128***	0.0049	-0.0018**	-0.0056	-0.0108
Taille du ménage	0.007***	0.0050	0.0013***	0.0026***	0.0052***	0.0024***
Âge	-0.001	0.0068	-0.0014	0.0005	-0.0043	-0.0007
Âge <sup>2</sup>	-1.76e-06	-6.79e-05	5.52e-06	-7.03e-06	2.38e-05	-4.00e-07
Constante	0.154	0.170	0.173***	0.194***	0.351***	0.182***
Observations	809	378	5620	2715	1381	1335

Variable expliquée : score d'inefficience.

\*, \*\*, \*\*\* indiquent respectivement la significativité des coefficients à 10%, 5% et 1%.

**Tableau 10. Résultats des estimations pour le sorgho, le maïs et le mil conventionnels**

	Zone soudanienne			Zone soudano-sahélienne			Zone sahélienne		
	Agriculture conventionnelle			Agriculture conventionnelle			Agriculture conventionnelle		
	Sorgho	Mil	Maïs	Sorgho	Mil	Maïs	Sorgho	Mil	Maïs
Choc climatique	0.353***	0.226**	0.0485**	0.117***	0.0181	0.0378*	0.0309	0.0020	0.269
Genre	-0.126	-0.144	0.0496	-0.106**	0.0973	-0.0896**	-0.0988*	-0.0865	-0.0868
Mode propriété	-0.0195	-0.118	-0.0942***	0.0017	0.0722	-0.0238	0.0370	0.0979*	-0.230
Branche d'activité	-0.0195	0.0476	-0.0054	0.0391	0.0200	0.0409	0.154***	0.0150	-0.0532
Labour	0.0529	0.0523	0.0388*	0.0074**	0.0162	0.0206**	-0.0412	0.0204	-0.0471
Alphabétisation	0.0954*	0.285***	0.0187	0.0784***	-0.0030	0.0443**	-0.0571*	0.0546	0.0566
Taille du ménage	-0.0042	-0.0039	-0.0077***	-0.0064***	-0.0019	-0.0076***	-0.0011	0.0039*	0.0009
Âge	-0.0001	-0.0133	-0.0040	-0.0126***	0.0021	-0.0071**	-0.0162***	-0.0095	-0.0195
Âge <sup>2</sup>	3.43e-05	0.0001	4.43e-05	0.0001**	-1.5e-05	5.81e-05*	0.0001**	4.87e-05	0.0002
Constante	0.637**	0.970***	0.660***	0.913***	0.163	0.586***	0.694***	0.688***	1.113**
Observations	228	132	212	736	349	1112	485	314	54

Variable expliquée : score d'inefficience.

\*, \*\*, \*\*\* indiquent respectivement la significativité des coefficients à 10%, 5% et 1%.

## CONCLUSION

L'objectif de l'article a été d'étudier l'impact des chocs climatiques au Burkina Faso sur l'efficience des parcelles des cultures vivrières notamment le sorgho, le maïs et le mil. Il apporte une certaine contribution au débat sur l'impact du réchauffement climatique sur l'agriculture dans ce pays. Pour ce faire, dans une première étape, un modèle de frontière non paramétrique d'ordre m a été appliqué à un

échantillon de 21294 parcelles divisées entre les parcelles biologiques, au nombre de 16706, et les parcelles conventionnelles, au nombre de 4588.

Les résultats montrent que les chocs climatiques, notamment la sécheresse et l'irrégularité des pluies, impactent très négativement l'efficacité des parcelles des trois cultures, qu'elles soient biologiques ou conventionnelles. L'impact est beaucoup plus marqué sur l'agriculture conventionnelle, à l'exception du maïs. Les parcelles conventionnelles de sorgho et les parcelles biologiques de maïs sont les cultures les plus affectées par les chocs climatiques tandis que ces chocs n'ont qu'un très faible effet sur les parcelles de mil aussi bien biologiques que conventionnelles.

Lorsqu'on prend en compte les zones agro-climatiques, on retrouve les mêmes résultats pour la zone soudanienne et soudano-sahélienne à savoir un impact négatif des chocs climatiques sur l'efficacité des parcelles de mil, de sorgho ou de maïs. A la différence, dans la zone sahélienne, les chocs climatiques n'ont aucun effet sur l'efficacité des cultures de mil et de sorgho à l'exception du maïs conventionnel.

Nous trouvons les mêmes résultats à l'exception du maïs, exigeant en eau, en prenant en compte l'impact spécifique des effets propres à chaque région. L'impact des chocs reste significatif et négatif sur les scores d'efficacité des parcelles de mil et de sorgho biologique, à l'exception de la région des Cascades, de l'Est et du Centre-Est pour les scores d'efficacité des parcelles de mil biologique. Quant aux parcelles conventionnelles de sorgho et de mil par région, les chocs climatiques jouent uniquement pour les régions du Centre-Ouest et la Boucle du Mouhoun pour les parcelles de sorgho et les régions du Centre-Sud, du Sahel et l'Est pour les parcelles de mil.

Il convient d'ajouter que l'alphabétisation des agriculteurs permet d'améliorer significativement les scores d'efficacité des parcelles dans l'agriculture conventionnelle pour les trois cultures. De manière générale, l'alphabétisation peut aider à sensibiliser et à former les agriculteurs sur les techniques de résilience et les méthodes d'anticipation des effets du changement climatique. En somme, il serait opportun de former les ménages à l'utilisation des nouvelles méthodes agricoles qui permettent d'anticiper les chocs climatiques. De plus les femmes doivent être plus spécifiquement accompagnées à la fois financièrement et dans leur formation agricole, dans la mesure où les parcelles qu'elles gèrent sont en général moins efficaces. A moyen et long terme, il serait bienvenu de pouvoir construire plusieurs barrages permettant de stocker l'eau pendant les saisons pluvieuses afin de faciliter la mise en œuvre des cultures de contre saisons. Le développement de telles infrastructures pourrait permettre de réduire l'impact négatif de la sécheresse et de l'irrégularité des pluies.

Les agriculteurs qui sont déjà pauvres doivent supporter les pertes liées aux aléas climatiques. Nous préconisons la mise en place par le gouvernement d'une assurance agricole pour faire face aux pertes liées aux aléas climatiques<sup>12</sup>, notamment lors des épisodes de sécheresse. Cette assurance pourrait sécuriser le capital de production des agriculteurs pendant la floraison et la phase végétative, où la plante est très vulnérable. Cette assurance pourrait s'étendre également à la phase de stockage.

Enfin, parce que les parcelles gérées par leurs propriétaires sont plus efficaces, nous recommandons la mise en place d'une politique rurale de sécurisation foncière. Cette politique pourrait rassurer les agriculteurs et leur permettre d'investir davantage sur ces parcelles. L'utilisation des nouvelles technologies comme par exemple l'utilisation de drones faciliterait le suivi et le traitement phytosanitaire des cultures.

---

<sup>12</sup> Assurance climatique qui peut se présenter sous différents dispositifs possibles (Ferrari, 2016).

## REFERENCES

- Alvarez A., Arias C.** (2004). Technical efficiency and farm size: a conditional analysis. *Agricultural Economics*, 30(3), 241-250.
- Balcombe K., Fraser I., Latruffe L., Rahman M., Smith L.** (2008). An application of the DEA double bootstrap to examine sources of efficiency in Bangladesh rice farming. *Applied Economics*, 40(15), 1919-1925.
- Billaz R.** (1982). Problèmes posés par l'évaluation d'un programme de culture attelée : l'exemple du Yatenga en Haute-Volta. *Économie rurale*, 147(1), 136-138.
- Bougma A.L., Ouédraogo M.N., Sawadogo N., Balma D., Vernoy R.** (2018). Perceptions paysannes de l'impact du changement climatique sur le mil dans les zones sahéliennes et soudanohahéliennes du Burkina Faso. *Afrique Sciences*, 14(4), 264-275.
- Cazals C., Florens J.P., Simar L.** (2002). Non parametric frontier estimation : a robust approach. *Journal of econometrics*, 106(1), 1-25.
- Chirwa E.W.** (2007). *Sources of technical efficiency among smallholder maize farmers in Southern Malawi*. The African Economic Research Consortium.
- Choukou M.M., Zannou A., Biaou G., Ahohuendo B.** (2017). Analyse de l'efficacité économique d'allocation des ressources dans la production du maïs au Kanem-Tchad. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 5(2).
- Combarry O.S.** (2017). Analysing the efficiency of farms in Burkina Faso. *African Journal of Agricultural and Resource Economics*, 12(3), 242-256.
- Daraio C., Simar L.** (2007). *Advanced robust and nonparametric methods in efficiency analysis: Methodology and applications*, Vol. 4. Springer.
- Debreu G.** (1951). The measurement of productive efficiency. *Econometrica*, 19(3), 273-292.
- Debreu G.** (1982). Existence of competitive equilibrium. *Handbook of mathematical economics*, 2, 697-743.
- Doorenbos J., Kassam A.H.** (1979). Yield response to water. *Irrigation and drainage paper*, (33), 257.
- Farell P.** (1957). DEA in production center: An input-output mode. *Journal of Econometrics*, 3, 23-49.
- Felder S., Tauchmann H.** (2013). Federal state differentials in the efficiency of health production in Germany: an artifact of spatial dependence? *The European Journal of Health Economics*, 14(1), 21-39.
- Ferrari J.B.** (2016). *L'économie de la pauvreté. Les incertitudes du monde rural des pays du Sud*. L'harmattan, 380 p.
- Koirala K.H., Mishra A., Mohanty S.** (2016). Impact of land ownership on productivity and efficiency of rice farmers: The case of the Philippines. *Land use policy*, 50, 371-378.
- Koopmans T.C., Beckmann M.** (1957). Assignment problems and the location of economic activities. *Econometrica: journal of the Econometric Society*, 53-76.
- Mango N., Makate C., Hanyani-Mlambo B., Siziba S., Lundy M.** (2015). A stochastic frontier analysis of technical efficiency in smallholder maize production in Zimbabwe: The post-fast-track land reform outlook. *Cogent Economics & Finance*, 3(1).
- Mulwa R., Emrouznejad A., Muhammad L.** (2009). Economic efficiency of smallholder maize producers in Western Kenya: a DEA meta-frontier analysis. *International Journal of Operational Research*, 4(3), 250-267.
- Nana D.J., Atangana O.H.** (2012) *capital humain, capital social et efficacité technique dans le secteur agricole au Cameroun*, Université de Yaoundé II, Rapport de Recherche du FR-CIEA n°28/12.
- N'Gbo A.G.** (1994). L'efficacité productive des SCOP françaises : estimation et simulation à partir d'une frontière de production stochastique. *Revue économique*, 115-128.
- Noûfé T.** (2020). Agricultural productivity and poverty of agricultural households in Burkina Faso. *African Journal of Economic and Sustainable Development*, 7(4), 287-306.
- Nyemeck J.B., Nkamleu G.B.** (2006). Potentiel de productivité et efficacité technique du secteur agricole en Afrique. *Canadian Journal of Agricultural Economics/Revue canadienne d'agroéconomie*, 54(3), 361-377.



- PANA** (2011). Programme d'action national d'adaptation à la variabilité et au changement climatique, ministère de l'environnement et du développement durable, République Centrafricaine.
- Sarr B., Kafando L., Atta S.** (2011). Identification des risques climatiques de la culture du maïs au Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 5(4), 1659-1675.
- Simar L., Wilson P.W.** (2007). Statistical inference in nonparametric frontier models: recent developments and perspectives. Discussion paper, Institut de statistique, Université Catholique de Louvain, Belgique.
- Simar L., Lovell, C.K., van den Eeckaut P.** (1994). Stochastic frontiers incorporating exogenous influences on efficiency. *STAT Discussion Papers*, 9403.
- Tauchmann H.** (2011). Order alpha: non-parametric order- $\alpha$  Efficiency Analysis for tata, In *German Stata Users' Group Meetings 2011*, No. 05. Stata Users Group.
- Tchoupé Makougoum C.F.** (2018). Changement climatique au Mali : impact de la sécheresse sur l'agriculture et stratégies d'adaptation, thèse de doctorat, Université d'Auvergne, Clermont-Ferrand.
- Thiam A., Bravo-Ureta B.E. Rivas T.** (2001), Technical Efficiency in Developing Country Agriculture: a meta-analysis, *Agricultural Economics*, 25, 235-243.

## ANNEXES

## Annexe 1 : Statistiques descriptives des inputs et output par culture (agriculture biologique)

	Mil				
	Obs	Moyenne	Ecart type	Min	Max
Production en Kg	4570	795.5523	9676.173	3	635 000
Nombre de travailleurs	4570	20	22.4031	1	106
Valeur des équipements	4570	55784.34	192740.8	50	5 500 000
Superficie de la parcelle	4570	1.477439	3.890834	0.1	90
	Maïs				
	Obs	Moyenne	Ecart type	Min	Max
Production en Kg	4468	2157.974	15276.13	5	640 000
Nombre de travailleurs	4468	20	15.57	1	228
Valeur des équipements	4468	117926.3	1814582	100	12 000 000
Superficie de la parcelle	4468	2.122234	5.967057	0.1	80
	Sorgho				
	Obs	Moyenne	Ecart type	Min	Max
Production en Kg	7764	1097.486	11395.66	3	422 500
Nombre de travailleurs	7764	20	19.96	1	1006
Valeur des équipements	7764	58262.6	216565.3	50	1000 000
Superficie de la parcelle	7764	1.47263	4.020166	0.1	99

Source : auteurs.

### Annexe 2 : Statistiques descriptives des inputs et output par culture (agriculture intensive)

Mil					
	Obs	Moyenne	Ecart type	Min	Max
Production en Kg	807	1939.967	9574296	3	635 000
Engrais chimique	807	147.1648	3297168	0	20100
Produit phytosanitaire	807	3.257862	15.91683	0	
Nombre de travailleurs	807	26	21.94	1	157
Valeur des équipements	807	75251.45	230509	200	4 000 000
Superficie de la parcelle	807	1.904214	3.203207	0.1	50
Maïs					
	Obs	Moyenne	Ecart type	Min	Max
Production en Kg	2345	3293.507	19025.52	6	640000
Engrais chimique	2345	309.8471	1058.951	1	40000
Produit phytosanitaire	2345	4.649206	17.20198	0	504
Nombre de travailleurs	2345	23	17.330	1	238
Valeur des équipements	2345	162751.1	2505733	200	12 000 000
Superficie de la parcelle	2345	2.771803	6.728214	0.1	75
Sorgho					
	Obs	Moyenne	Ecart type	Min	Max
Production en Kg	1465	2788.296	25431.83	14	422500
Engrais chimique	1465	145.1283	629.288	1	20 000
Produit phytosanitaire	1465	1.784983	15.25165	0	500
Nombre de travailleurs	1465	25	19.53	3	211
Valeur des équipements	1465	74831.02	236060.3	0	5 000 000
Superficie de la parcelle	1465	1.749495	2.869088	0.02	50

Source : auteurs.

### Annexe 3 : Corrélation de Spearman entre les scores d'efficacité du mil biologique

	S_M15	S_M25	S_M35	S_M50	S_M75
S_M15	1,0000				
S_M25	0,8133	1,0000			
S_M35	0,9848	0,7618	1,0000		
S_M50	0,9765	0,7400	0,9969	1,0000	
S_M75	0,8096	0,9738	0,7678	0,7484	1,0000

Source : auteurs.

### Annexe 4 : Corrélation de Spearman entre les scores d'efficacité du mil conventionnel

	S_M15	S_M25	S_M35	S_M50	S_M75
S_M15	1,0000				
S_M25	0,9938	1,0000			
S_M35	0,9873	0,9955	1,0000		
S_M50	0,9784	0,9915	0,9960	1,0000	
S_M75	0,9658	0,9832	0,9905	0,9968	1,0000

Source : auteurs.

Note : S\_M15 correspond aux scores d'efficacité obtenus par la méthode de frontière d'ordre « m » avec m=15 ; S\_M25 correspond aux scores d'efficacité obtenus par la méthode de frontière d'ordre « m » avec m=25 ; S\_M35 correspond aux scores d'efficacité obtenus par la méthode de frontière d'ordre « m » avec m=35 ; S\_M50 correspond aux scores d'efficacité obtenus par la méthode de frontière d'ordre « m » avec m=50 ; S\_M75 correspond aux scores d'efficacité obtenus par la méthode de frontière d'ordre « m » avec m=75.

**Annexe 5 : Effet des chocs climatiques sur l'inefficience  
des parcelles par région**

Régions	Sorgho biologique	Sorgho conventionnel	Mil biologique	Mil conventionnel
Boucle du Mouhoun	0,264***	0,501***	0,065*	0,085
Sahel	0,074	0,105	0,059**	0,123*
Est	0,001	0,112	0,003	0,051**
Sud-est	0,088***	1,174	0,05**	0,025*
Centre-nord	0,046**	0,093	0,065**	0,162
Centre-ouest	0,060***	0,157	0,053**	0,082
Plateau-central	0,046***	0,014	0,064**	0,025
Nord	0,039**	0,148	0,089***	0,208
Centre-est	0,045***	0,018	0,028	0,073*
Centre	0,048***	0,075	0,054	0,041
Cascade	-0,036*	-0,318	-0,021	0,035
Centre-sud	-0,071**	-0,243	-0,259*	0,074**
Hauts-bassins	0,004**	0,031	0,018	0,127

Source : auteurs.

**Farmers' perception of climate shocks and agricultural  
production efficiency in Burkina Faso**

**Abstract** - This paper assesses the impact of climate shocks measured by farmers' perceptions on the inefficiency of agricultural plots in Burkina Faso. To do so, we applied the non-parametric m-order efficiency model to a set of more than 21,000 agricultural plots, of which more than two thirds are classified as organic plots and one third as conventional plots. The results show that climate shocks have a positive impact on plot inefficiency with the exception of millet plots. The effect of climate shock on plot inefficiency varied by region. Plots located in the Boucle du Mouhoun and South-West regions are the most affected by climate shocks. When analyzed by agro-climatic zone, we find that all agro-climatic zones, with the exception of the Sahelian zone, are affected regardless of the crop.

**Key-words**

Climate shocks  
Agriculture  
Nonparametric method  
Efficiency score  
Burkina Faso