

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

CHANGEMENT CLIMATIQUE ET MIGRATION EN ÉTHIOPIE

MÉMOIRE

PRÉSENTÉ

COMME EXIGENCE PARTIELLE

MAÎTRISE EN ÉCONOMIQUE

PAR

SHUKURU KASIWA

FÉVRIER 2026

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.12-2023). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

REMERCIEMENTS

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à Monsieur Marlon Seror, Professeur au Département des sciences économiques de l'École des Sciences de la Gestion de l'Université du Québec à Montréal, qui a accepté de diriger mon mémoire. Ses conseils et son accompagnement rigoureux ont été d'une valeur inestimable dans la réalisation de ce travail.

J'adresse également mes sincères remerciements au Professeur Janvier Mwishu Kasiwa, mon grand frère, qui a généreusement financé mon programme de maîtrise à l'UQAM. Son soutien intellectuel et moral tout au long de mon parcours a été d'un apport inestimable.

Je remercie chaleureusement ma famille pour son soutien constant durant mes études et la rédaction de ce document. En particulier, mon père Kasiwa Ka-Muhesi et ma mère Vumiliya Bushu. Ma reconnaissance va aussi à Docteure Fatuma Maheshe, ma belle-sœur, ainsi qu'à Yvan Mwishu, Jevons Mwishu et Helga Mwishu, mes neveux et nièce. Je remercie mes frères Kikandi Kasiwa et son épouse Déborah Kubuya, ainsi que Mitsindo Kasiwa. Mes pensées vont également à mes sœurs : Muhambikwa Kasiwa et son mari Bahati Rusimbuka, Buuma Kasiwa, Mapendo Kasiwa et son mari Elie Budinga, Lomoo Kasiwa et son mari Shukuru Luutu, Rehema Kasiwa, Bwema Kasiwa, Sheriya Kasiwa et Dorcas Kasiwa. Mes remerciements vont aussi à Kevin Kikandi, Médard Rusimbuka, François Rusimbuka, Marceline Rusimbuka, Marie-Rose Rusimbuka, Mira Rusimbuka et Samanta Rusimbuka.

Je remercie le Département des sciences économiques de l'École des Sciences de la Gestion de l'UQAM, en particulier Mme Martine Boisselle-Lessard, pour son accompagnement administratif et humain. Enfin, je remercie la Chaire de recherche de coopération Desjardins-Guy Bernier pour m'avoir décerné le prix « Coup de cœur » à l'occasion du 2^e Colloque étudiant des cycles supérieurs de l'ESG-UQAM, lors de la présentation des résultats de cette étude.

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES FIGURES	v
LISTE DES TABLEAUX	vi
RÉSUMÉ	viii
ABSTRACT	ix
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1 REVUE DE LA LITTÉRATURE	6
CHAPITRE 2 CONTEXTE CLIMATIQUE, MIGRATOIRE ET ÉCONOMIQUE DE L'ÉTHIOPIE	11
2.1 Présentation générale	11
2.2 Cartographie de la migration interne et des variables climatiques en Éthiopie	15
CHAPITRE 3 DONNÉES ET ANALYSE DESCRIPTIVE	20
3.1 Migration interne et emploi agricole	20
3.2 Changement climatique	22
3.3 Conflits sociopolitiques	25
3.4 Analyse descriptive	26
CHAPITRE 4 DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE	31
4.1 Le modèle empirique	31
4.2 Identification	34
CHAPITRE 5 EFFETS DIRECTS ET INDIRECT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LA MIGRATION INTERNE EN ÉTHIOPIE	39

5.1	Effets directs du changement climatique sur la migration interne.....	39
5.1.1	Résultats généraux	39
5.1.2	Chocs climatiques saisonniers et migration	44
5.2	Mécanismes : emploi agricole et conflits	47
5.3	Robustesse des résultats	50
5.3.1	L'approche instrumentale	50
5.3.2	Effets différés, non-linéarités et dynamique des chocs climatiques.....	56
5.3.3	Mécanismes d'emploi agricole et de conflits durant la grande saison agricole...	61
5.3.4	Changement climatique et migration : Analyse individuelle	63
	CONCLUSION.....	67
	ANNEXE A ANNEXES AU CHAPITRE 4 : DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE	69
	ANNEXE B ANNEXES AU CHAPITRE 5 : EFFETS DIRECTS ET INDIRECT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LA MIGRATION INTERNE EN ÉTHIOPIE	73
B.1	Résultats généraux	73
B.2	Les mécanismes de l'emploi agricole et des conflits.....	76
B.3	Robustesse des estimations	77
	BIBLIOGRAPHIE	85

TABLE DES FIGURES

Figure 2.1	Localisation de l'Éthiopie	12
Figure 2.2	Régions et zones Éthiopiennes en 2021.....	12
Figure 2.3	Population éthiopienne (1960-2023)	13
Figure 2.4	Emplois en Éthiopie (1991-2022)	13
Figure 2.5	Déplacés internes en Éthiopie (2008-2022)	14
Figure 2.6	Évolution des températures en Éthiopie (1980-2020)	15
Figure 2.7	Évolution des précipitations en Éthiopie (1980-2020)	15
Figure 2.8	Émigration interne en Éthiopie (2013)	16
Figure 2.9	Émigration interne en Éthiopie (2007).....	16
Figure 2.10	Immigration interne en Éthiopie (2013)	17
Figure 2.11	Immigration interne en Éthiopie (2007)	17
Figure 2.12	Chocs de température en Éthiopie (2013)	18
Figure 2.13	Chocs des précipitations en Éthiopie (2013)	18
Figure 3.1	Durée de résidence des migrants	21
Figure 3.2	Variations des températures et probabilité d'émigration	29
Figure 3.3	Variations des précipitations et probabilité d'émigration.....	29

LISTE DES TABLEAUX

Table 3.1	Statistiques descriptives	27
Table 3.2	Matrice des corrélations.....	28
Table 4.1	Variations climatiques et distance à l'équateur	37
Table 5.1	Estimation par OLS.....	40
Table 5.2	Migration de court terme	42
Table 5.3	Influence des variations climatiques extrêmes (OLS)	43
Table 5.4	Variations climatiques pendant les saisons agricoles : Estimation OLS.....	45
Table 5.5	Influence des variations climatiques extrêmes pendant les saisons agricole (OLS)	46
Table 5.6	Variations climatiques et migration : Mécanismes de l'emploi agricole et des conflits	47
Table 5.7	Estimation par IV : Deuxième étape	51
Table 5.8	Influence des variations climatiques extrêmes (IV)	53
Table 5.9	Variations climatiques pendant les saisons agricoles : Estimation IV	55
Table 5.10	Influence des variations climatiques extrêmes pendant les saisons agricole (IV) ..	56
Table 5.11	Chocs, variations climatiques et migration : Retards, effets spécifiques et termes quadratiques	59
Table 5.12	Variations climatiques pendant la grande saison agricole : Mécanismes de l'emploi agricole et des conflits	61

Table 5.13	Résultats individuels : Estimation logit	65
Table A.1	Pollution et migration	69
Table A.2	Test de balance selon les seuils climatiques	70
Table A.3	Variations climatiques et distance à l'équateur (écarts types robustes)	71
Table A.4	Distance à l'équateur et migration	72
Table B.1	Estimation par OLS (écarts-types robustes)	73
Table B.2	Estimation par OLS (écarts-types robustes, clusterisés)	74
Table B.3	Estimation par OLS : estimations pondérées	75
Table B.4	Tests d'ajustement des estimations par la SEM	76
Table B.5	Estimation par IV : Autres tests d'endogénéité	77
Table B.6	Estimations par variables instrumentales (pondérées)	78
Table B.7	Statistiques descriptives ESS 2021.....	79
Table B.8	Premier test de spécification de Hausman : Choix entre effets spécifiques fixes ou aléatoires.....	81
Table B.9	Deuxième test de spécification de Hausman : Choix entre effets spécifiques fixes ou aléatoires.....	82
Table B.10	Chocs, variations climatiques et taux d'émigration : Retards, effets spécifiques et termes quadratiques	83
Table B.11	Test de spécification (logit)	84

RÉSUMÉ

Comment le changement climatique affecte-t-il la migration interne dans les pays en développement ? Cette étude identifie l'effet causal du changement climatique sur la migration interne en Éthiopie. Elle mobilise des données migratoires nationales et des observations climatiques satellitaires à haute résolution ($0.5^\circ \times 0.625^\circ$). L'identification repose sur la variation exogène des anomalies climatiques et sur une stratégie par variable instrumentale exploitant la distance à l'équateur. Un écart-type d'anomalies de température accroît la migration de 74 pour cent, contre -90 pour cent pour les anomalies pluviométriques. Ces effets s'atténuent lorsqu'on restreint l'analyse aux chocs climatiques survenus durant la saison agricole *Meher* précédant la migration ou aux chocs extrêmes, et s'inversent au-delà de certains seuils. À l'échelle des ménages, les chocs thermiques augmentent la probabilité de migration de 21 points de pourcentage, tandis que les chocs pluviométriques la réduisent de 11 points de pourcentage. Une modélisation par équations structurelles indique qu'un choc pluviométrique accroît les conflits de 2,65 pour cent, ce qui induit une augmentation de la migration de 30 pour cent.

Mots clés : migration, changement climatique, Éthiopie, emploi agricole, conflits.

ABSTRACT

How does climate change affect internal migration in developing countries? Using high-resolution climate data in Ethiopia ($0.5^\circ \times 0.625^\circ$) and exploiting exogenous climate shocks with an instrument based on distance from the equator, we find that a one-standard-deviation increase in temperature raises migration by 74 percent, while a similar increase in precipitation reduces it by 90 percent. Climate shocks during the previous Meher, the main agricultural season, and extreme events have attenuated effects, and beyond certain thresholds, climate shocks show reversed or diminishing impacts. At the household level, temperature shocks increase the probability of sending migrants out of the region by 21 percentage points, whereas precipitation shocks reduce it by 11 points. Structural equation modeling further shows that precipitation-induced conflicts amplify migration, highlighting conflict as a key channel.

Keywords : migration, climate change, Ethiopia, agricultural employment, conflicts.

INTRODUCTION

Entre 2001 et 2020, la température moyenne mondiale à la surface a dépassé de 0,99 °C celle de la période de référence 1850–1900 (IPCC, 2023). Cette élévation s'accompagne d'une intensification de la fréquence et de la gravité des événements climatiques extrêmes, notamment les sécheresses et les vagues de chaleur (Diffenbaugh *et al.*, 2017; Geng *et al.*, 2023), ainsi que des précipitations irrégulières (Ombadi *et al.*, 2023; Dai *et al.*, 2024). Parmi les réponses adaptatives, la migration est désormais largement reconnue comme une stratégie d'adaptation au changement climatique (Adger *et al.*, 2015; Baez *et al.*, 2017).

Ce mémoire identifie l'effet causal des chocs climatiques sur la migration interne en Éthiopie, en examinant les mécanismes liés à l'emploi agricole et aux conflits. Il se distingue des travaux antérieurs centrés sur les effets directs du climat (Baez *et al.*, 2017; Gray et Mueller, 2012; Morrissey, 2013), ainsi que des études plus proches (De Longueville *et al.*, 2019; Feng *et al.*, 2010), en testant explicitement le canal de l'emploi agricole, jusqu'ici non documenté, en complément du mécanisme conflictuel.

Les mécanismes liant climat et migration sont essentiels à étudier. Le changement climatique accroît les risques de conflits (Hsiang *et al.*, 2011; Burke *et al.*, 2009; Ruysen et Rayp, 2014), lesquels constituent à leur tour un facteur déterminant de la migration (Moore et Shellman, 2004). Il dégrade aussi la valeur des terres et augmente les risques agricoles (Schlenker *et al.*, 2006; Dillon *et al.*, 2011), poussant certains ménages à migrer. Notre étude intègre donc explicitement les canaux conflictuel et agricole, ce dernier mesuré par l'emploi agricole.

En 2020, l'Éthiopie a comptabilisé environ 664 000 nouveaux déplacés dus à des catastrophes naturelles (Norwegian Refugee Council et IDMC Grid, 2021). Ces événements, souvent liés au changement climatique, se traduisent par des sécheresses récurrentes (Tiruneh et Tegene, 2018; Zegeye,

2018; Zekarias et Zecharias, 2023). Ces conditions extrêmes exacerbent les conflits (van Weezel, 2019) et réduisent fortement la production agricole (Gebreegziabher *et al.*, 2016). Ces constats justifient l'intégration des mécanismes conflictuel et agricole dans l'étude du lien entre changement climatique et migration interne en Éthiopie.

L'analyse de l'impact du changement climatique sur la migration requiert une identification précise des zones d'origine et de destination. L'Enquête nationale sur la force de travail (NLFS) 2013 en Éthiopie (Central Statistical Agency of Ethiopia, 2013) répond à cette exigence en observant les migrants à destination tout en renseignant leurs zones d'origine, ce qui permet de relier les flux migratoires aux chocs climatiques initiaux. Elle offre également une désagrégation fine au niveau des zones (second niveau administratif après les régions), ainsi que des informations sur la durée de résidence, utilisées pour reconstruire la dimension temporelle des migrations dans les estimations en panel. Enfin, les données sur l'emploi permettent d'analyser le rôle du canal agricole via l'occupation sectorielle.

Ces données sont enrichies par des variables climatiques satellitaires issues de la base MERRA-2 du Global Modeling and Assimilation Office (GMAO), accessible via la plateforme GIOVANNI (Global Modeling and Assimilation Office, 2015b), incluant températures et précipitations. Enfin, les données sur les conflits proviennent de l'Armed Conflict Location and Event Data Project (ACLED) (Raleigh *et al.*, 2023), qui offre des informations géolocalisées sur les événements conflictuels en Éthiopie.

Notre analyse de l'impact causal du changement climatique sur la migration interne en Éthiopie s'effectue en deux étapes. Dans un premier temps, l'effet direct des anomalies climatiques est estimé par moindres carrés ordinaires (OLS), complété par des estimations par variables instrumentales (VI) et une régression logistique appliquée au niveau des ménages pour tester la robustesse. Dans un second temps, les mécanismes de transmission, en particulier via les conflits et l'emploi agricole, sont investigués à travers une modélisation par équations structurelles (SEM) (Bollen,

1989).

Notre stratégie empirique repose sur l'identification de chocs climatiques exogènes, définis comme des écarts standardisés des conditions climatiques de court terme par rapport à leur moyenne historique. Par souci de robustesse, nous recourons également à une mesure alternative fondée sur les résidus d'un processus autorégressif appliqué aux séries climatiques. Ces indicateurs, largement considérés comme exogènes à la migration (Kleemans et Magruder, 2017; Baez *et al.*, 2017; Boustan *et al.*, 2010; Cattaneo et Peri, 2016), permettent une identification causale par OLS.

Nous complétons cette stratégie par une approche en variables instrumentales, en instrumentant les chocs climatiques par la distance à l'équateur¹, afin de corriger l'endogénéité potentielle due à une causalité inverse entre climat et migration via l'activité économique. Les estimations OLS et VI fournissent des résultats globalement cohérents, sauf en présence de chocs extrêmes ou durant certaines périodes agricoles. Enfin, un modèle d'équations structurelles (SEM) est mobilisé pour identifier les mécanismes sous-jacents, notamment ceux liés à l'emploi agricole et aux conflits.

Les résultats montrent que les chocs climatiques liés à la température augmentent significativement le taux d'émigration, tandis que ceux relatifs aux précipitations tendent à le réduire. Les estimations issues des moindres carrés ordinaires (MCO) et de l'approche par variables instrumentales (VI) confirment cette direction des effets. Bien que le test d'endogénéité ne révèle pas de biais majeur dans les estimations MCO, ces dernières semblent sous-estimer l'intensité des effets climatiques. Une augmentation d'un écart type des chocs de température est associée à une hausse du taux d'émigration de 74 pour cent selon les MCO, contre 86 pour cent avec la méthode VI. De même, une hausse d'un écart type des chocs de précipitations réduit l'émigration de 90 pour cent en MCO, contre 150 pour cent en VI. Ces écarts suggèrent que les moindres carrés

1. Voir Donohoe *et al.* (2013); Jackson *et al.* (2019); Routson *et al.* (2019); Desmet et Rossi-Hansberg (2015); Feng *et al.* (2019); González-Pinilla *et al.* (2021); Bonebrake et Mastrandrea (2010); Frankel et Romer (1999); Hall et Jones (1999); Zhang *et al.* (2024); Burzyński *et al.* (2021).

ordinaires atténuent les effets réels, possiblement en raison d'un biais d'omission ou d'une hétérogénéité structurelle entre les zones. L'instrumentation permet ainsi une meilleure identification causale des effets des chocs climatiques sur les dynamiques migratoires.

Au niveau des ménages, ces relations se confirment : une hausse d'un écart type des chocs de température augmente de 21 points de pourcentage la probabilité qu'un ménage envoie un migrant vers une autre région, tandis que les chocs de précipitations réduisent cette probabilité de 11 points de pourcentage. Les coefficients des chocs extrêmes restent systématiquement inférieurs à ceux des chocs non extrêmes. De plus, les chocs climatiques enregistrés durant la grande saison agricole dite *Meher* précédant la migration exercent un effet significatif, avec une hausse d'un écart type des chocs de température augmentant la migration de 0.70 pour cent, tandis que les précipitations la réduisent de 0.40 pour cent.

Nos résultats s'inscrivent dans la littérature existante. Baez *et al.* (2017) identifient un effet positif des températures sur la migration, tandis que Kleemans et Magruder (2017) trouvent une relation négative avec les précipitations. Nos estimations confirment ces tendances (Marchiori *et al.*, 2012; Dallmann et Millock, 2017; Gray et Mueller, 2012; Chen *et al.*, 2017; Imbert *et al.*, 2022a). La relation négative entre précipitations et migration peut refléter une baisse des revenus agricoles réduisant la capacité à migrer (De Longueville *et al.*, 2019; Bryan *et al.*, 2014; Gebreegziabher *et al.*, 2016), la substitution vers d'autres stratégies d'adaptation (Dell *et al.*, 2014; Millock, 2015), ou encore des contraintes physiques rendant les déplacements plus difficiles. Le contraste avec Etana *et al.* (2022), qui trouvent un effet positif des pluies, peut s'expliquer par notre usage d'anomalies climatiques plutôt que de niveaux absolus.

Les résultats SEM révèlent que les chocs climatiques influencent l'émigration principalement via les conflits. Une hausse d'un écart type des anomalies de précipitations accroît les conflits de 265 pour cent, induisant une augmentation de l'émigration de 30 pour cent. Aucun effet indirect significatif n'est observé via l'emploi agricole. Ce constat contredit Mastrorillo *et al.* (2016), qui identifie

l'agriculture comme canal principal, mais rejoint Quiñones *et al.* (2023) sur l'absence d'effet agricole, tout en s'en écartant quant au rôle des conflits.

Les coefficients estimés représentent des variations en pourcentage du taux d'émigration et ne doivent pas être interprétés comme un pourcentage du nombre total d'émigrants. À titre d'illustration, le taux moyen d'émigration dans les statistiques descriptives est de 0,20. Un coefficient de -150 % correspond alors à $-150 \% \times 0,20 = -0,30$, ce qui traduit une réduction moyenne de 30 points de pourcentage du taux d'émigration.

Cette étude s'inscrit dans la littérature portant sur l'impact du changement climatique sur les dynamiques migratoires (Baez *et al.*, 2017; Chen *et al.*, 2017; Mueller *et al.*, 2014) et s'appuie sur des travaux explorant les mécanismes sous-jacents (De Longueville *et al.*, 2019; Feng *et al.*, 2010; Munshi, 2003; Marchiori *et al.*, 2012; Deschênes et Moretti, 2009; Backhaus *et al.*, 2015). Elle rejoint également les approches qui considèrent le marché du travail, via les salaires (Borjas, 1987) et l'accès à l'emploi (Todaro, 1969), comme déterminant clé des décisions migratoires, en postulant que les chocs climatiques, en affectant ces variables économiques, influencent les comportements migratoires.

Le reste du document se structure en cinq chapitres avant la conclusion. Le chapitre 1 est consacré à la revue de la littérature. Le chapitre 2 présente le contexte climatique, migratoire et économique de l'Éthiopie. Le chapitre 3 décrit les données utilisées et propose une analyse descriptive préliminaire. Le chapitre 4 détaille la stratégie empirique. Le chapitre 5, quant à lui, expose les résultats de l'étude.

CHAPITRE 1

REVUE DE LA LITTÉRATURE

Les flux migratoires des zones rurales vers les zones urbaines constituent une caractéristique importante des pays en développement (Harris et Todaro, 1970; Lagakos, 2020). La littérature sur la mobilité régionale identifie le salaire et l'emploi comme les principaux facteurs déterminants de la migration (Doleac et Hansen, 2017; Ortega, 2001). Toutefois, un nombre croissant d'études considère également le changement climatique comme un facteur tout aussi important de la migration (Jia *et al.*, 2023). L'objectif de ce chapitre est donc de présenter quelques travaux analysant l'influence du changement climatique sur la migration, avant de situer la contribution de notre étude dans ce champ de recherche.

L'approche dominante dans l'analyse de l'influence du changement climatique sur la migration consiste à estimer une relation directe entre les événements climatiques extrêmes ou irréguliers et les mouvements migratoires internes ou internationaux. Par exemple, Baez *et al.* (2017) utilise une méthode de triple différence en différence pour évaluer l'impact direct de l'exposition à la chaleur sur la migration. Leurs résultats mettent en évidence une relation positive et directe entre migration et changement climatique en Amérique du Sud et dans les Caraïbes. À l'aide d'une modélisation probabiliste linéaire, Chen *et al.* (2017) montrent que les inondations extrêmes augmentent directement l'émigration au Bangladesh. Par ailleurs, Boustan *et al.* (2012) constatent qu'aux États-Unis, les tornades sont positivement associées à l'émigration, tandis que les inondations favorisent l'immigration.¹ À l'aide d'un modèle linéaire, Boustan *et al.* (2020) montrent que les catastrophes naturelles sévères, les feux de broussailles et les sécheresses accroissent l'émigra-

1. Les études antérieures démontrent que le changement climatique accroît la fréquence et la gravité des catastrophes naturelles (Baez *et al.*, 2017; Dallmann et Millock, 2017). Dans la littérature sur le lien entre changement climatique et migration, les catastrophes naturelles sont souvent considérées comme des indicateurs des effets du changement climatique.

tion, tandis que les inondations attirent l'immigration ; les tornades et ouragans n'auraient quant à eux pas d'effet significatif sur les flux migratoires aux États-Unis. Plusieurs autres travaux explorent l'influence directe des variables climatiques sur la migration (Kavi Kumar et Viswanathan, 2013; Bohra-Mishra *et al.*, 2017; Barbieri *et al.*, 2010).

Notre étude contribue à cette littérature en identifiant les effets causaux du changement climatique sur la migration, tout en allant au-delà de l'analyse des seuls effets directs en examinant les mécanismes intermédiaires, notamment les conflits et l'emploi agricole.

La littérature met en évidence certaines études qui s'intéressent aux mécanismes par lesquels le changement climatique influence la migration. En utilisant des données macroéconomiques sur les pays d'Afrique subsaharienne, Marchiori *et al.* (2012) estiment l'effet des anomalies climatiques, notamment les écarts de température et de précipitations, sur le taux net de migration. Ils introduisent une interaction entre ces variables climatiques et une variable binaire égale à un si la valeur ajoutée agricole d'un pays dépasse sa médiane de 1995. Cette interaction est interprétée comme un mécanisme d'influence du changement climatique sur la migration. Leurs résultats indiquent un effet négatif de ce mécanisme sur la migration nette, soulignant ainsi l'importance du secteur agricole dans la relation entre climat et migration. Toutefois, cette approche ne permet pas de retracer explicitement la chaîne causale reliant les chocs climatiques à la dégradation de l'agriculture, puis à l'augmentation des flux migratoires.

Dans un modèle linéaire appliqué à l'Inde, Dallmann et Millock (2017) régressent les flux de migration interne sur des variables climatiques, tout en intégrant comme mécanismes explicatifs le ratio des revenus globaux, le ratio des revenus agricoles entre les zones d'origine et de destination, ainsi que le taux d'urbanisation de la zone d'origine. Les deux premiers mécanismes se révèlent significatifs, tandis que l'urbanisation n'a pas d'effet notable. Néanmoins, cette approche présente une limite méthodologique : elle ne quantifie pas la contribution relative du changement climatique dans l'évolution des mécanismes identifiés, ni son effet indirect via ces derniers sur la migration.

Pour pallier ces limites, Mastrorillo *et al.* (2016), à partir de données microéconomiques sud-africaines, adoptent une estimation en deux étapes. Dans un premier temps, ils prédisent l'emploi agricole à partir des variables climatiques ; dans un second temps, ils régressent les flux migratoires au niveau du district sur cette variable d'emploi agricole prédite. Leurs résultats montrent qu'une baisse de l'emploi agricole due à des conditions climatiques défavorables augmente significativement les flux migratoires.

Notre étude s'inscrit dans la lignée de celle de Mastrorillo *et al.* (2016), mais adopte une approche plus intégrée en recourant à la modélisation par équations structurelles (SEM). Cette méthode permet d'estimer simultanément les effets directs et indirects du changement climatique sur la migration, notamment à travers l'emploi agricole. En outre, au-delà du canal de l'emploi agricole, nous introduisons également le conflit comme mécanisme potentiel par lequel les perturbations climatiques influencent les dynamiques migratoires.

Parmi les études prenant en compte les mécanismes d'influence du changement climatique sur la migration, celle de De Longueville *et al.* (2019) apparaît comme la plus proche de notre travail. En mobilisant la modélisation par équations structurelles (SEM), ces auteurs analysent les effets directs et indirects des facteurs environnementaux sur la migration au Burkina Faso, à la fois au niveau individuel et communautaire. À la différence de leur approche, notre étude se concentre sur le niveau zonal en Éthiopie, ce qui permet de limiter l'influence des caractéristiques individuelles dans l'analyse des effets structurels.

Par ailleurs, bien que De Longueville *et al.* (2019) intègrent les conflits comme mécanisme médiateur, leur mesure repose sur une variable binaire indiquant si les membres de la communauté rapportent l'existence d'un conflit. En contraste, notre étude adopte une mesure plus étendue, fondée sur le nombre de cas de violences sociopolitiques et de conflits mortels officiellement enregistrés au niveau zonal. En outre, nous privilégions l'emploi agricole comme canal d'influence du changement climatique, plutôt que l'usage des technologies agricoles. Dans le contexte des pays

d'Afrique subsaharienne, nous faisons l'hypothèse que le changement climatique affecte plus directement l'accès à l'emploi agricole, l'adoption technologique restant souvent marginale.

Autre distinction majeure, notre étude dissocie les effets directs et indirects du changement climatique selon ses deux principales composantes : les anomalies de température et de précipitations. Cette distinction nous permet d'identifier la contribution spécifique de chacune de ces dimensions climatiques au processus migratoire, contrairement à De Longueville *et al.* (2019) qui les analysent de manière agrégée. Enfin, alors que leurs résultats concernent le Burkina Faso, notre analyse se concentre sur le cas éthiopien, caractérisé par une forte dépendance à l'agriculture et une fréquence élevée de conflits, deux mécanismes particulièrement pertinents pour étudier l'impact du changement climatique sur la migration.

Les études existantes sur l'Éthiopie adoptent majoritairement une approche directe de l'influence du changement climatique sur la migration, sans rendre compte des mécanismes sous-jacents. Par exemple, Gray et Mueller (2012) montrent que les sécheresses augmentent la migration masculine pour des raisons économiques, tout en réduisant la migration féminine motivée par le mariage. Morrissey (2013), quant à lui, privilégie une approche narrative dans laquelle les individus expriment leur perception et leur comportement face au changement climatique, mettant en lumière l'interaction entre variables climatiques et non climatiques dans les décisions migratoires. Par ailleurs, Etana *et al.* (2022) montrent que les saisons des pluies, courtes (mars-mai) et longues (juin-septembre), influencent la migration, avec des effets différenciés selon les stratégies agricoles. Leur étude révèle que les ménages ayant modifié leurs cultures ou s'étant orientés vers des activités non agricoles présentent une propension migratoire plus élevée, tandis que la diversification des cultures agricoles est liée à une moindre propension à migrer. Cependant, ces travaux se limitent à l'évaluation de l'impact direct du climat sur la migration, sans analyser les mécanismes par lesquels cet impact se manifeste.

Notre recherche apporte une contribution importante à la littérature sur le changement clima-

tique et la migration en Éthiopie. Elle identifie la relation causale en utilisant un instrument géographique, la distance des zones par rapport à l'équateur. Cet instrument capte les variations exogènes du climat. Nous mettons aussi en lumière les mécanismes médiateurs, en particulier ceux liés à l'emploi agricole et aux conflits. Comme le montrent les figures 2.4 et 2.5, la majorité de la population active éthiopienne travaille dans l'agriculture. Par ailleurs, les conflits internes déplacent plusieurs milliers de personnes. Ces deux mécanismes sont donc essentiels pour comprendre comment le changement climatique influence la migration interne en Éthiopie.

CHAPITRE 2

CONTEXTE CLIMATIQUE, MIGRATOIRE ET ÉCONOMIQUE DE L'ÉTHIOPIE

Le changement climatique affecte les économies à différentes échelles. Les mécanismes d'adaptation varient selon les contextes. Dans ce chapitre, nous présentons les éléments clés du changement climatique et de la migration interne en Éthiopie.

2.1 Présentation générale

L'Éthiopie est un pays d'Afrique subsaharienne. Il est situé dans la Corne de l'Afrique, à l'est du continent, comme le montre la carte 2.1. La carte 2.2 illustre la division du pays en 12 régions, elles-mêmes subdivisées en zones. Notre étude se concentre sur l'analyse au niveau des zones.

La Banque mondiale classe l'Éthiopie parmi les pays à faible revenu (World Bank, 2024). C'est l'un des pays les plus pauvres d'Afrique, avec un revenu d'environ 1 370 dollars par habitant en 2023 (African Development Bank, 2024). Cependant, l'Éthiopie est la deuxième puissance démographique du continent, avec près de 120 millions d'habitants en 2023 (African Development Bank, 2024), juste derrière le Nigeria. Les figures 2.3 et 2.4 montrent que la majorité de cette population vit en milieu rural et travaille dans le secteur agricole.

Les figures 2.3 et 2.4 fournissent des éléments clés pour analyser l'impact du changement climatique sur la migration interne. Elles montrent que la population éthiopienne vit majoritairement en milieu rural, tendance en croissance depuis les années 1980, malgré les chocs climatiques pouvant inciter à migrer vers les zones urbaines. Cette croissance s'explique par deux facteurs : d'une part, les migrations internes historiques sont principalement rurales-rurales, représentant 40 pour cent des flux entre 2000 et 2005 et 23 pour cent entre 2008 et 2014 (Bundervoet, 2020), et d'autre part, le taux de fécondité rural est nettement plus élevé qu'en milieu urbain (Ethiopian Public



Figure 2.1 – Localisation de l'Éthiopie

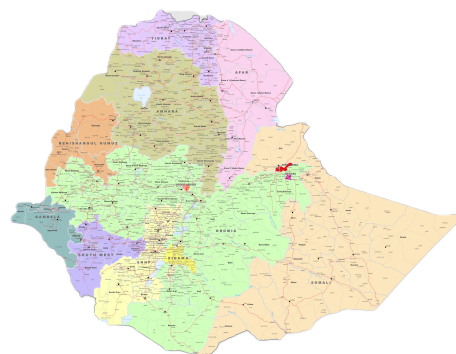


Figure 2.2 – Régions et zones Éthiopiennes en 2021

La carte 2.1 montre la localisation géographique de l'Éthiopie sur le continent africain. Pour cette carte, nous utilisons les données d'Esri Africa and Africa GeoPortal (2021) pour l'Afrique. La carte de l'Éthiopie, en couleur blanche, est superposée grâce aux données d'United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs - Humanitarian Data Exchange (2024). La carte 2.2 présente la subdivision régionale et zonale de l'Éthiopie. Cette carte est extraite de l'United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs (2022).

Health Institute (EPHI) [Ethiopia] et ICF, 2021). Par ailleurs, une large majorité de la population travaille en agriculture, bien que l'emploi dans les services progresse depuis 2005 au détriment du secteur agricole. Ces caractéristiques, combinées au faible revenu par habitant, suggèrent que la migration interne constitue un mécanisme important d'adaptation au changement climatique pour les ménages ruraux.

En Éthiopie, les conflits et violences internes provoquent le déplacement de nombreuses personnes à l'intérieur du pays, ce qui constitue une composante importante de la migration interne. Nous intégrons donc l'emploi agricole et les conflits comme mécanismes d'influence du change-

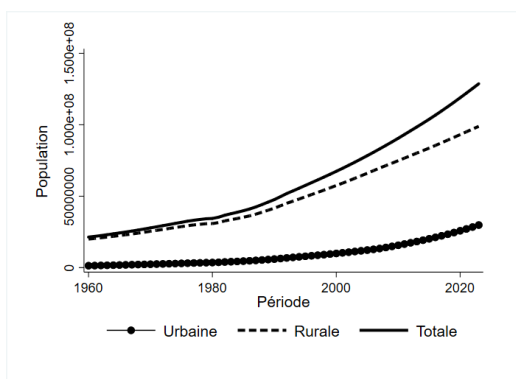


Figure 2.3 – Population éthiopienne (1960-2023)

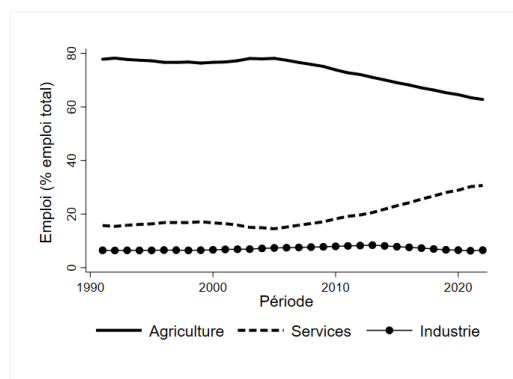


Figure 2.4 – Emplois en Éthiopie (1991-2022)

Note : La figure 2.3 montre l'évolution de la population éthiopienne totale, urbaine et rurale de 1960 à 2023. Les chiffres de la population totale ne tiennent pas compte de la citoyenneté des personnes. Ils correspondent à la présence de l'individu sur le territoire éthiopien. La figure 2.4 présente l'évolution des emplois dans les secteurs agricole, industriel et des services en Éthiopie entre 1991 et 2022. Les chiffres sont exprimés en pourcentage de l'emploi total. Pour réaliser les figures 2.3 et 2.4, nous avons utilisé les données de World Bank (2024).

ment climatique sur la migration interne. La figure 2.5 montre l'évolution du nombre de déplacés internes, en distinguant ceux liés aux conflits et ceux causés par des événements climatiques extrêmes, comme les catastrophes naturelles.

La figure 2.5 montre que les conflits et violences forcent chaque année plusieurs milliers de personnes à quitter leur lieu de résidence en Éthiopie. Depuis 2015, ces déplacements augmentent fortement. Les déplacements dus aux catastrophes naturelles restent largement inférieurs en nombre.

Le changement climatique accroît la fréquence des catastrophes naturelles (Baez *et al.*, 2017). Ces événements entraînent à leur tour des déplacements internes, comme le montre la figure 2.5.

Les déplacés internes représentent une forme particulière de migration interne. Dans notre étude, nous ne distinguons pas les différents types de migration interne. Nous analysons l'impact global

du changement climatique sur l'ensemble des migrations internes.

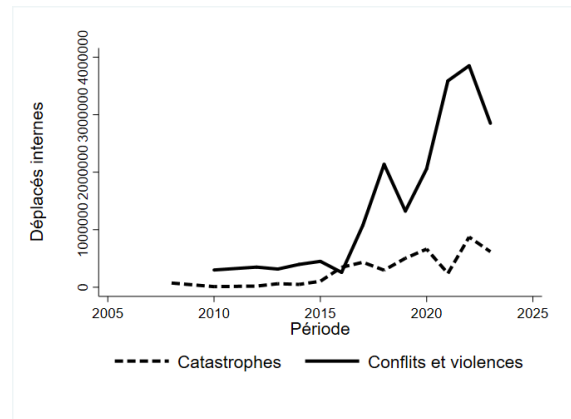


Figure 2.5 – Déplacés internes en Éthiopie (2008-2022)

Note : La figure 2.5 présente l'évolution du nombre de déplacés internes en Éthiopie entre 2008 et 2023. Deux courbes y figurent : l'une pour les déplacements causés par les catastrophes naturelles, l'autre pour ceux liés aux conflits et violences. Les données reflètent le stock annuel de déplacés internes. La figure est construite à partir des données de la World Bank (2024).

Comme beaucoup de pays dans le monde, l'Éthiopie est également confrontée au changement climatique. Les figures 2.6 et 2.7 en donnent une illustration.

La figure 2.6 montre qu'à partir des années 2000, la température mensuelle atteint fréquemment 25°C. La figure 2.7 indique qu'au cours de la même période, plusieurs mois enregistrent presque zéro millimètre de précipitation. On observe une forte instabilité d'un mois à l'autre, malgré une tendance globale peu marquée. Cette instabilité rend les conditions climatiques moins prévisibles. Elle peut nuire à l'agriculture et favoriser la migration interne. Nous interprétons les figures 2.6 et 2.7 principalement en termes d'instabilité plutôt que de saisonnalité, les amplitudes des variations mensuelles n'étant pas régulièrement équivalentes.

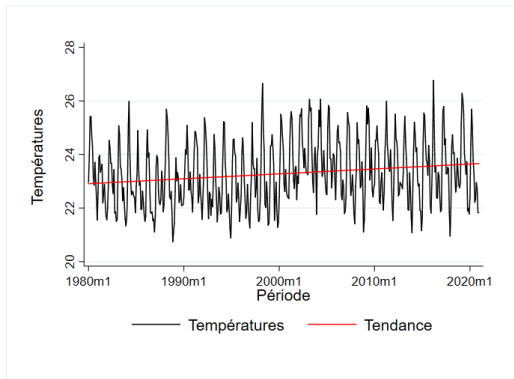


Figure 2.6 – Évolution des températures en Éthiopie (1980-2020)

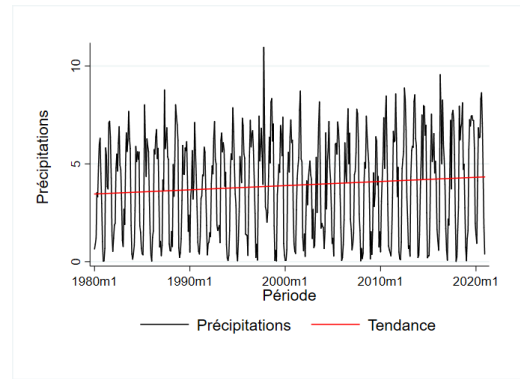


Figure 2.7 – Évolution des précipitations en Éthiopie (1980-2020)

Note : La figure 2.6 montre l'évolution des températures moyennes mensuelles en Éthiopie entre 1980 et 2020. Il s'agit de la température de l'air mesurée à deux mètres du sol, calculée à partir des moyennes journalières. Cette mesure est couramment utilisée pour évaluer les effets du changement climatique sur l'agriculture. La figure 2.7 présente l'évolution des précipitations moyennes mensuelles sur la même période. Il s'agit de la quantité totale de pluie mesurée à la surface du sol, exprimée en millimètres par jour et calculée à partir des données journalières. Cette mesure est également essentielle pour l'analyse des impacts climatiques sur l'agriculture. Les figures sont produites à partir des données de Global Modeling and Assimilation Office (2015a) pour la température et de Global Modeling and Assimilation Office (2015c) pour les précipitations.

2.2 Cartographie de la migration interne et des variables climatiques en Éthiopie

La cartographie de la migration, des températures et des précipitations par zone permet de visualiser les liens possibles entre climat et migration interne. Les cartes 2.8, 2.9, 2.10, 2.11, 2.12 et 2.13 illustrent ces éléments. Trois constats principaux s'en dégagent.

Premièrement, les cartes 2.8 et 2.9 montrent que l'émigration est concentrée dans les zones du centre et du nord de l'Éthiopie. La région Somali, à l'est, est presque vide, avec très peu d'émigration. En croisant avec la carte 2.2, on identifie que les zones autour de la capitale, Addis-Abeba, sont les plus touchées.

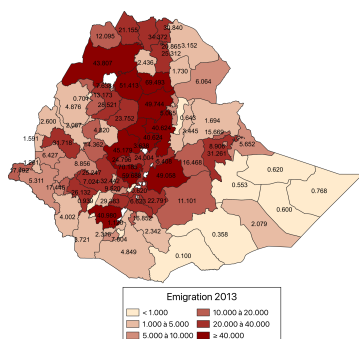


Figure 2.8 – Émigration interne en Éthiopie (2013)

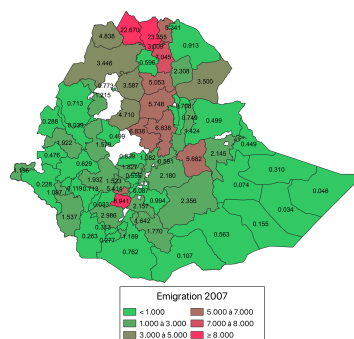


Figure 2.9 – Émigration interne en Éthiopie (2007)

Note : La carte 2.8 présente le taux d'émigration interne en Éthiopie en 2013, indépendamment de la date du départ. Elle est construite en rapportant le nombre de personnes ayant quitté chaque zone d'origine, d'après la National Labor Force Survey 2013, au nombre total d'individus résidant dans la zone (Central Statistical Agency of Ethiopia, 2013). De son côté, la carte 2.9, issue du recensement de 2007 (Central Statistical Agency of Ethiopia, 2007), illustre la même variable mais exclut les migrations vers Addis-Abeba, Dire Dawa et Harar. Les deux cartes reposent sur le fond cartographique du recensement de 2007 fourni par IPUMS International (2025).

Deuxièmement, l'immigration suit un schéma similaire à celui de l'émigration, comme le montrent les cartes 2.10 et 2.11. Les zones du centre, du Nord et de l'Ouest accueillent davantage d'immigrants, contrairement à la région de Somali à l'Est, qui en reçoit peu. La carte 2.10 n'inclut pas la région de Somali, mais la carte 2.11, basée sur le recensement de 2007, confirme cette observation.

Ces deux premières observations montrent que la migration interne en Éthiopie se concentre surtout au centre du pays, autour de la capitale Addis-Abeba. La région d'Oromia, visible sur la carte 2.2, présente la plus forte activité migratoire. À l'inverse, la région de Somali affiche la plus faible activité migratoire interne. En général, les zones avec le plus d'émigrants sont aussi celles qui accueillent le plus d'immigrants.

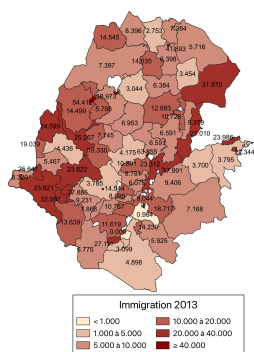


Figure 2.10 – Immigration interne en Éthiopie (2013)

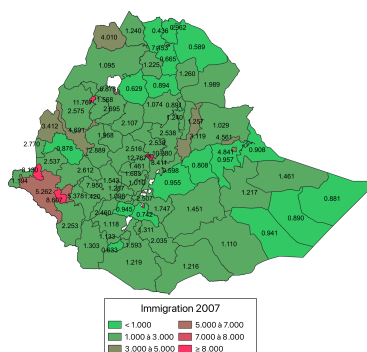


Figure 2.11 – Immigration interne en Éthiopie (2007)

Note : La carte 2.10 illustre le taux d'immigration interne en Éthiopie en 2013, défini comme le ratio entre le nombre d'individus entrant dans une zone et la population totale de celle-ci, en excluant les personnes venues de l'étranger. Les données proviennent de la National Labor Force Survey 2013 (Central Statistical Agency of Ethiopia, 2013), qui ne couvre pas la région Somali. La carte 2.11, issue du recensement de 2007 (Central Statistical Agency of Ethiopia, 2007), présente la même variable mais inclut les immigrants internationaux. Les deux cartes utilisent le fond cartographique du recensement de 2007 fourni par IPUMS International (2025).

Dans les cartes 2.8, 2.9, 2.10 et 2.11, les observations de 2013 présentent des taux d'émigration et d'immigration sensiblement plus élevés dans certaines zones que ceux issus du recensement de 2007. Cette différence peut s'expliquer par la nature des sources : la National Labour Force Survey (2013) est une enquête par échantillonnage, ce qui réduit considérablement la taille du dénominateur utilisé pour le calcul des taux (la population). En revanche, le recensement de 2007 repose sur une base exhaustive, avec un effectif total de 7 434 086 individus, ce qui dilue mécaniquement les taux observés.

L'objectif de notre étude est d'expliquer, par une modélisation économétrique, le rôle du changement climatique dans les phénomènes observés sur les cartes 2.8, 2.9, 2.10 et 2.11. Toutefois, une visualisation complémentaire des variables climatiques permet de dégager des éléments caractéristiques, utiles pour mieux comprendre la relation entre changement climatique et migration

interne en Éthiopie.

De ce fait, les cartes climatiques 2.12 et 2.13 donne le troisième constant. Elles indiquent qu'en 2013, plusieurs régions du nord et du centre-est de l'Éthiopie ont été exposées à des chocs thermiques positifs combinés à des déficits de précipitations. Cela traduit la survenue simultanée de vagues de chaleur et de sécheresses. Ces conditions climatiques extrêmes sont susceptibles de compromettre les activités agricoles et de fragiliser les moyens de subsistance des populations rurales, particulièrement dans les zones dépendantes de l'agriculture pluviale.

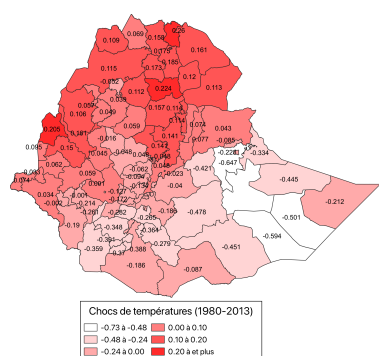


Figure 2.12 – Chocs de température en Éthiopie (2013)

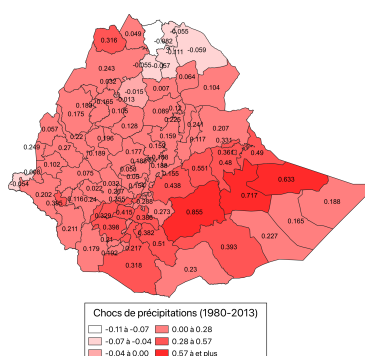


Figure 2.13 – Chocs des précipitations en Éthiopie (2013)

Note : Les cartes 2.12 et 2.13 illustrent respectivement les chocs de température et de précipitations enregistrés en Éthiopie en 2013. Ces chocs sont mesurés comme l'écart standardisé entre les conditions climatiques observées en 2013 (court terme) et la moyenne historique de long terme (1980-2013). Les chocs de température sont calculés à partir de la température de l'air en surface terrestre, et ceux de précipitations à partir des précipitations totales à la surface. Les régions colorées en rouge foncé sont celles où les conditions climatiques de court terme dépassent la moyenne historique. Les données proviennent respectivement de Global Modeling and Assimilation Office (2015a) et Global Modeling and Assimilation Office (2015c).

Lorsqu'on met ces observations en relation avec les cartes de migration interne (cartes 2.8 2.9), on constate que plusieurs zones exposées à ces chocs climatiques présentent aussi des niveaux élevés d'émigration interne. Cela laisse penser que les chocs climatiques pourraient contribuer à la dyna-

mique migratoire interne, en poussant les populations à quitter les zones les plus touchées pour rejoindre des régions perçues comme plus stables ou économiquement attractives, notamment autour d'Addis-Abeba. Ces corrélations visuelles offrent une première intuition du lien potentiel entre conditions climatiques et migration, que nous explorerons plus rigoureusement dans l'analyse économétrique.

Ce deuxième chapitre fournit un cadre contextuel solide à notre étude. Nous le concluons en rappelant sept caractéristiques majeures qui en ressortent.

Premièrement, l'Éthiopie est un pays d'Afrique de l'Est situé à proximité de l'équateur (voir carte 2.1). Deuxièmement, il s'agit d'un pays à revenu faible, avec un revenu par habitant estimé à environ 1370 dollars américains en 2023 (voir World Bank (2024); African Development Bank (2024)). Troisièmement, la majorité de la population éthiopienne vit en milieu rural et travaille dans le secteur agricole (voir figures 2.3 et 2.4). Quatrièmement, les conflits déplacent davantage de personnes que les catastrophes naturelles, en matière de migration interne (voir figure 2.5). Cinquièmement, les températures et les précipitations suivent des tendances globalement stables à long terme, malgré de fortes variations à court terme (voir figures 2.6 et 2.7). Sixièmement, la migration interne est concentrée autour de la capitale Addis-Abeba, tandis que certaines régions, comme la région Somali, connaissent une faible mobilité (voir cartes 2.8, 2.9, 2.10 et 2.11). Enfin, les zones connaissant des conditions climatiques peu favorables à l'agriculture sont aussi celles présentant une forte émigration interne (voir cartes 2.8, 2.9, 2.12 et 2.13).

En somme, ce chapitre met en évidence plusieurs corrélations entre climat et migration. Cependant, il ne permet pas d'établir un lien de causalité. C'est pourquoi une analyse économétrique est proposée dans les chapitres suivants.

CHAPITRE 3

DONNÉES ET ANALYSE DESCRIPTIVE

Dans ce chapitre, nous présentons les sources de données utilisées pour l'analyse empirique, ainsi que les définitions retenues pour les principales variables. Nous proposons ensuite une brève analyse descriptive afin de contextualiser les dynamiques observées.

3.1 Migration interne et emploi agricole

Nous utilisons les données de la National Labor Force Survey 2013 d'Éthiopie, produite par la Central Statistical Agency (Central Statistical Agency of Ethiopia, 2013), pour analyser la migration interne et l'emploi agricole. Cette enquête, menée du 24 mai au 12 juin 2013 auprès de 58 396 ménages, couvre toutes les zones urbaines et rurales du pays, à l'exception de six zones pastorales de la région Somali.

L'enquête couvre les individus âgés de 10 ans et plus et fournit des informations détaillées sur leurs caractéristiques économiques et sociodémographiques, notamment le sexe, l'âge, le niveau d'éducation et le statut migratoire. Elle renseigne la durée de résidence continue dans le lieu actuel. Conformément à la définition de l'enquête, est considéré comme résident habituel tout individu ayant résidé au moins six mois consécutifs avant l'enquête dans une localisation donnée, ou ayant déclaré l'intention d'y résider pendant au moins six mois. Les individus ne satisfaisant pas à ce critère sont classés comme migrants. L'enquête identifie également la zone d'origine des migrants, en distinguant le milieu rural du milieu urbain. La figure 3.1 montre que la majorité des migrants résident dans leur lieu actuel depuis au plus un an.

Dans cette étude, un migrant interne est défini comme un individu ayant changé de zone de résidence à l'intérieur du pays, indépendamment du motif, les migrations internationales étant ex-

clues. Cette définition est cohérente avec la littérature montrant que le changement climatique affecte principalement les migrations internes (Huckstep et Clemens, 2023).

Le taux d'émigration est mesuré au niveau de la zone d'origine. Nous construisons un indicateur individuel égal à un si l'individu a changé de zone de résidence, puis agrégeons cet indicateur par zone d'origine telle que déclarée par l'individu à destination. Cette somme est rapportée à la population totale de la zone d'origine, définie comme l'ensemble des individus résidant dans cette zone au moment de l'enquête, migrants et non-migrants inclus. À titre de robustesse, nous utilisons également une mesure alternative au niveau des ménages, définie par l'envoi d'au moins un membre du ménage vers une autre région d'Éthiopie.

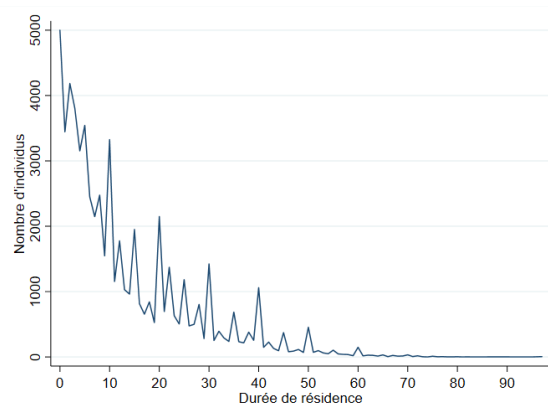


Figure 3.1 – Durée de résidence des migrants

Note : La figure 3.1 présente le nombre de migrants en fonction de la durée de résidence dans le lieu actuel. La durée est exprimée en années, zéro représentant une résidence inférieure à un an. Cette figure est construite à partir des données de la National Labor Force Survey 2013 d'Éthiopie.

La population active est définie comme les individus de 10 ans et plus ayant exercé, ou étant disponibles pour exercer, une activité productive durant la semaine de référence. L'enquête interroge également sur l'activité principale durant les douze mois précédant l'enquête, ce qui permet de

mesurer le taux d'emploi global et le taux d'emploi agricole.

Une limite concerne la déclaration des revenus des travailleurs indépendants, difficile à évaluer de façon fiable. Cette contrainte est sans impact ici, car notre analyse ne mobilise pas les données de revenu. En revanche, l'un des atouts de l'enquête réside dans sa couverture nationale et sa capacité à distinguer les zones d'origine et de destination des migrants internes. Une limite subsiste pour la région Somali, où les données sur l'immigration sont absentes. Pour y remédier, nous mobilisons la cinquième vague (2021–2022) de l'Ethiopia Socioeconomic Survey (Central Statistics Agency of Ethiopia, 2023), afin de vérifier la robustesse des résultats au niveau des ménages.

3.2 Changement climatique

Nous utilisons des données climatiques fournies par la National Aeronautics and Space Administration (NASA), précisément issues de Global Modeling and Assimilation Office (2015a) pour la température et de Global Modeling and Assimilation Office (2015c) pour les précipitations. Ces données sont obtenues via l'outil Geospatial Interactive Online Visualization and Analysis Infrastructure (GIOVANNI). Pour la température, nous retenons la température de l'air en surface terrestre; pour les précipitations, nous utilisons la précipitation totale en surface. Ces indicateurs sont largement mobilisés dans la littérature pour analyser les effets du changement climatique sur l'agriculture (Global Modeling and Assimilation Office, 2015a,c), et, par conséquent, sur la migration.

Les données climatiques sont issues de la télédétection par observations satellitaires, généralement privilégiée dans la littérature par rapport aux mesures fondées sur les perceptions subjectives des populations face aux chocs climatiques (Guiteras *et al.*, 2015). Bien que les données satellitaires puissent être moins précises que celles provenant de stations météorologiques au sol (NASA Science, 2026), la faible couverture des stations en Éthiopie, en particulier en milieu rural (Dinku *et al.*, 2014), justifie le recours à des données à haute résolution spatiale ($0.5^\circ \times 0.625^\circ$). Les

séries climatiques couvrent la période janvier 1980–2024. La température est mesurée en degrés Celsius et les précipitations en millimètres par jour. L'analyse utilise des moyennes mensuelles, construites sur des fenêtres temporelles adaptées, décrites ci-après.

Une limite importante de cette base concerne l'absence de désagrégation géographique infranationale lors du téléchargement direct. Pour y remédier, nous extrayons les données au format NetCDF centrées sur l'espace géographique éthiopien. À l'aide du logiciel QGIS, nous combinons ces fichiers climatiques avec un shapefile des zones administratives de l'Éthiopie afin de calculer les moyennes climatiques à l'échelle zonale.

L'un des principaux atouts de cette base est sa profondeur temporelle, qui permet de construire des moyennes de long terme pour les variables climatiques.

À partir des séries sur les températures et les précipitations, nous construisons des indicateurs de variabilité climatique. Nous retenons deux mesures principales du changement climatique, décrites par les expressions (i) et (iii), fréquemment utilisées dans la littérature étudiant les liens entre climat et migration (Marchiori *et al.*, 2012; Mastrorillo *et al.*, 2016; Kleemans et Magruder, 2017).

$$T = \frac{T_t - T_T}{\sigma_T} \quad \text{et} \quad P = \frac{P_p - P_P}{\sigma_P} \quad (\text{i})$$

Les variables T et P représentent nos mesures de base du changement climatique, respectivement pour la température et les précipitations. Les valeurs observées à court terme sont notées T_t et P_p , avec les indices t et p correspondant à la période de janvier à décembre 2013. Les moyennes à long terme sont notées T_T et P_P , où les indices T et P couvrent la période de janvier 1980 à décembre 2013. Les écarts-types associés à ces moyennes de long terme sont désignés par σ_T pour la température et σ_P pour les précipitations. Les indices t et p , ou T et P , indiquent la période sur

laquelle les moyennes climatiques sont calculées, produisant ainsi des mesures en coupe transversale pour 2013, en accord avec les données migratoires. La définition de ces périodes à court terme pour les variables climatiques est cohérente avec la figure 3.1, qui montre que la majorité des migrants résident dans leur lieu actuel depuis au plus un an.

Nous complétons les mesures climatiques de l'expression i par une mesure exogène additionnelle : les résidus issus du modèle auto-régressif suivant.

$$Clim_t = \alpha + \phi Clim_{t-l} + \varepsilon_t \quad (ii)$$

$$\hat{\varepsilon}_t = Clim_t - \hat{Clim}_t \quad (iii)$$

Le vecteur $Clim_t$ regroupe les deux variables climatiques, température et précipitations, observées pour l'année t . L'indice l indique l'ordre du terme autorégressif. Le terme ε_t représente l'erreur de prédiction, tandis que \hat{Clim}_t correspond à la composante prédite. Les résidus ε_t sont interprétés comme des chocs climatiques exogènes et sont principalement utilisés à des fins de tests de robustesse.

Pour tester la robustesse de nos résultats, nous mobilisons plusieurs indicateurs climatiques complémentaires : (i) une variable binaire indiquant des observations climatiques égales ou supérieures au 75^e percentile, capturant les conditions extrêmes (Baez *et al.*, 2017); (ii) le nombre de jours avec moins d'un millimètre de précipitations; (iii) le nombre de jours au-dessus du 90^e percentile de précipitations; (iv) la moyenne des précipitations sur les trente dernières années.

Ces trois dernières variables sont construites à partir de la base NASA Jet Propulsion Laboratory (JPL) (2020), en combinant les fichiers NetCDF aux shapefiles régionaux pour obtenir des

moyennes géographiques. Cette base fournit également l'altitude (élévation moyenne) des zones administratives, intégrée comme variable de contrôle.

Afin de tenir compte de la spécificité des saisons agricoles, nous complétons cette période annuelle par d'autres périodes alternatives correspondant aux différentes saisons agricoles éthiopiennes (voir chapitre 5).

3.3 Conflits sociopolitiques

Pour obtenir des informations sur les conflits en Éthiopie, nous mobilisons la base de données de l'Armed Conflict Location and Event Data Project (ACLED) (Raleigh *et al.*, 2023). Nous retenons les événements liés aux affrontements armés, aux manifestations et à la violence contre les civils (ACLED, 2019). Les données sont enregistrées sous forme de nombre d'événements par jour, avec des coordonnées géographiques précises (latitude et longitude), ce qui nous permet de localiser chaque événement dans sa zone administrative correspondante.

La base couvre la période allant de 1997 à 2024. Dans notre analyse, nous retenons le cumul des événements de conflit entre 1997 et 2013, afin de lisser les variations dues à la faible fréquence des conflits sur des périodes plus courtes.

Cette base présente l'avantage de proposer une définition étendue des conflits et une géolocalisation fine des événements. Toutefois, elle ne fournit pas de ventilation par sexe ou par d'autres caractéristiques individuelles ou démographiques. Étant donné que notre analyse ne repose pas sur des distinctions par sexe, cette limite n'affecte pas nos résultats.

3.4 Analyse descriptive

Après avoir présenté les sources de données ainsi que la définition des variables, nous présentons, dans le tableau 3.1, les statistiques descriptives des principales variables utilisées dans notre analyse.

Le tableau 3.1 présente les statistiques descriptives obtenues après agrégation des observations au niveau des zones géographiques disponibles dans les données. Les taux moyens d'immigration (16 pourcent) et d'émigration (20 pourcent) indiquent une mobilité interne modérée, mais avec une hétérogénéité notable entre zones, comme en témoignent les écarts-types élevés (respectivement 0,150 et 0,182). Cela suggère que certaines zones connaissent des flux migratoires bien plus importants que d'autres.

Le taux moyen d'emploi est élevé, à 63 pour cent, indiquant que plus de 60 pour cent de la population en âge de travailler est employée, dont 38 pour cent dans le secteur agricole. Le taux d'emploi agricole correspond au ratio du nombre d'individus travaillant dans l'agriculture sur l'ensemble des personnes en âge de travailler, qu'elles soient employées ou non.

Concernant les variables climatiques, elles se distinguent par leur horizon temporel (court et long terme) ainsi que par leur saisonnalité (générale et saison agricole). Les températures moyennes de court terme (20,85 °C) et de long terme (20,88 °C) sont très proches, avec des écarts-types similaires d'environ 3,5 °C, ce qui témoigne d'une stabilité relative à long terme, malgré des variations annuelles significatives. En revanche, les précipitations présentent des différences plus marquées : les précipitations de court terme sont en moyenne plus élevées (28,91 mm) que celles de long terme (24,57 mm), et leur variabilité est plus importante (écart-type de 14,08 contre 11,73). Ces observations indiquent que les chocs pluviométriques récents peuvent s'écarter sensiblement des normes historiques, ce qui pourrait avoir des conséquences déterminantes sur les décisions économiques, notamment en matière de migration ou d'emploi agricole.

N	75
Taux d'immigration	0.159 (0.150)
Taux d'émigration	0.197 (0.182)
Taux d'emploi	0.627 (0.109)
Taux d'emploi agricole	0.383 (0.185)
Température, court terme (2013)	20.849 (3.516)
Température, long terme (2013)	20.884 (3.450)
Précipitations, court terme (2013)	28.905 (14.083)
Précipitations, long terme (2013)	24.574 (11.733)
Température un an, court terme (2013)	21.198 (3.547)
Température un an, long terme (2013)	20.905 (3.448)
Précipitations un an, court terme (2013)	29.767 (15.561)
Précipitations un an, long terme (2013)	24.433 (11.672)
<i>Meher</i> : température, court terme (2013)	21.438 (3.549)
<i>Meher</i> : température, long terme (2013)	20.905 (3.448)
<i>Meher</i> : précipitations, court terme (2013)	23.011 (14.893)
<i>Meher</i> : précipitations, long terme (2013)	24.433 (11.672)
Total conflits	30.068 (35.323)

Table 3.1 – Statistiques descriptives

Note : Statistiques descriptives au niveau des zones éthiopiennes. Le taux migratoire correspond au nombre d'immigrants ou d'émigrants rapporté à la population totale, et le taux d'emploi au ratio entre l'emploi et la population active. *Meher* désigne la principale saison agricole (juin–septembre). Sources : Central Statistical Agency of Ethiopia (2013), Global Modeling and Assimilation Office (2015a) (température) et Global Modeling and Assimilation Office (2015c) (précipitations). Les écarts-types sont reportés entre parenthèses.

Les variations climatiques observées entre juin 2012 et juin 2013 sont utilisées pour correspondre exactement au taux de migration calculé sur une période maximale d'un an.

Pendant la saison agricole, qui s'étend de septembre à juin, les températures sont légèrement plus élevées, avec une moyenne de 21,44°C à court terme contre 20,91°C à long terme. En revanche, les précipitations durant cette saison sont légèrement inférieures à court terme (23,01 mm) par rapport au long terme (24,43 mm). De plus, l'écart-type plus élevé à court terme indique une exposition accrue aux chocs climatiques ponctuels, susceptibles d'impacter les rendements agricoles et, par conséquent, les décisions économiques des ménages. Ce schéma suggère des conditions climatiques potentiellement moins favorables à la production durant cette période clé.

Variabiles	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
(1) Taux d'émigration	1												
(2) Taux d'immigration	-0.09	1											
(3) Variations des températures	0.066	0.156	1										
(4) Variations des précipitations	-0.097	-0.174	-0.754	1									
(5) Taux d'emploi	0.104	-0.548	-0.101	0.137	1								
(6) Taux d'emploi agricole	0.139	-0.77	-0.11	0.116	0.858	1							
(7) Taux d'urbanisation	-0.606	0.387	0.08	0.109	-0.368	-0.377	1						
(8) Taux de diplomation	-0.129	0.833	0.135	-0.126	-0.6	-0.849	0.358	1					
(9) Taux des femmes	-0.016	0.398	0.204	-0.247	-0.42	-0.588	0.162	0.627	1				
(10) Taux d'hommes	0.016	-0.398	-0.204	0.247	0.42	0.588	-0.162	-0.627	-1	1			
(11) Taux jeunes 15 à 35 ans	-0.128	0.871	0.155	-0.094	-0.487	-0.753	0.389	0.905	0.491	-0.491	1		
(12) Taux d'handicapés	0.291	-0.049	0.237	-0.123	0.133	0.03	-0.108	0.053	0.289	-0.289	-0.04	1	
(13) Total des conflits	0.053	-0.078	-0.174	0.295	-0.195	-0.171	0.058	0.109	0.021	-0.021	0.013	0.05	1

Table 3.2 – Matrice des corrélations

Note : Le tableau 3.2 présente les corrélations entre la migration et un ensemble de variables de contrôle et descriptives. Le taux migratoire correspond au nombre d'immigrants ou d'émigrants rapporté à la population totale, et le taux d'emploi au ratio entre l'emploi et la population active. Les données proviennent de la Central Statistical Agency of Ethiopia (2013), Global Modeling and Assimilation Office (2015a) pour la température et Global Modeling and Assimilation Office (2015c) pour les précipitations.

Enfin, le nombre moyen de conflits recensés sur la période 1997-2013 est de 30,07, avec un écart-

type élevé de 35,32. Cette forte variabilité témoigne d'une instabilité locale significative, qui pourrait être corrélée aux conditions climatiques.

Alors que le tableau 3.1 présente les statistiques descriptives des variables principales, le tableau 3.2 rapporte les corrélations entre la migration et les variations climatiques, ainsi qu'avec d'autres variables utilisées comme contrôles ou à des fins descriptives.

La matrice de corrélation du tableau 3.2 montre que le taux d'émigration est positivement lié aux variations de température, négativement aux précipitations, et fortement associé au taux d'urbanisation, justifiant son inclusion comme contrôle dans le modèle économétrique.

Ce chapitre se termine par les figures 3.2 et 3.3, qui illustrent de manière descriptive la relation entre la migration et les variations climatiques.

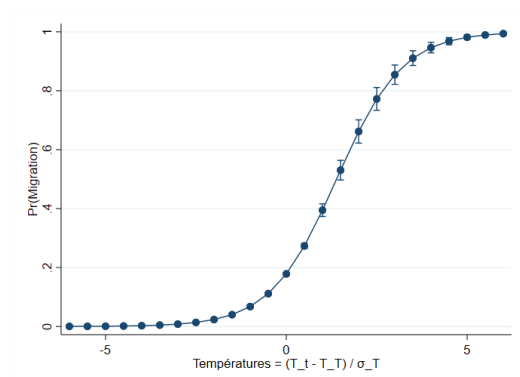


Figure 3.2 – Variations des températures et probabilité d'émigration

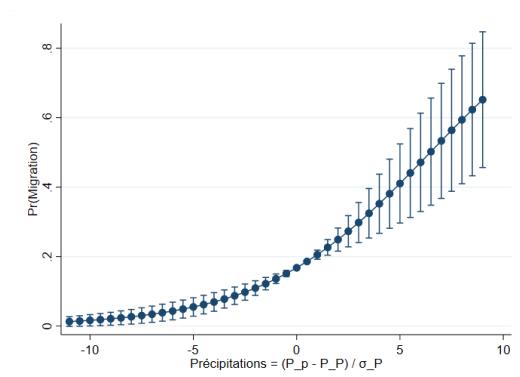


Figure 3.3 – Variations des précipitations et probabilité d'émigration

Note : Les figures 3.2 et 3.3 représentent la probabilité d'émigration en fonction des variations climatiques standardisées. La variable de migration prend la valeur 1 si l'individu a changé de zone au moment de l'enquête, et 0 sinon. Les variations de température et de précipitations sont définies selon l'expression i . La probabilité est estimée à partir d'un modèle logistique, à l'aide des effets marginaux. Les barres verticales dénotent les intervalles de confiance. Les variations climatiques sont significatives au seuil d'un pourcent.

La figure 3.2 illustre une relation en forme de S entre les variations de température standardisées et la probabilité de migration. Cette relation est estimée à l'aide d'un modèle logistique. On observe que, pour des écarts faibles par rapport à la moyenne historique des températures, la probabilité de migration demeure faible et relativement stable. En revanche, dès que les écarts deviennent importants, la probabilité de migration augmente fortement de manière non linéaire. Cela suggère une aversion aux chocs climatiques extrêmes, qu'ils soient liés à un réchauffement ou à un refroidissement. Cette courbe est cohérente avec l'idée selon laquelle la migration constitue une stratégie d'adaptation coûteuse, mobilisée principalement face à des perturbations climatiques majeures compromettant les moyens de subsistance, notamment agricoles.

La figure 3.3 montre également une relation positive entre les variations standardisées des précipitations et la probabilité de migration, mais avec une forme convexe. Contrairement à la figure précédente, cette relation n'est pas symétrique : ce sont principalement les hausses importantes de précipitations, et non les baisses, qui accroissent la probabilité de migration. Cela peut s'expliquer par le fait que des précipitations excessives provoquent des inondations, la destruction des cultures, voire des épidémies, poussant ainsi les populations à migrer. En revanche, les déficits de pluie ne semblent pas avoir un effet marginal immédiat aussi marqué, probablement en raison de mécanismes d'adaptation ou de stratégies de stockage mises en place.

Ces résultats justifient l'introduction de formes non linéaires (notamment logarithmiques) dans la modélisation, conformément aux recommandations de la littérature récente (Huckstep et Clemens, 2023).

CHAPITRE 4

DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE

L'objectif de notre étude est d'identifier un effet causal du changement climatique sur la migration interne en Éthiopie. Plus précisément, nous décomposons cet effet en deux composantes : un effet direct du changement climatique sur la migration, et un effet indirect transitant par deux mécanismes intermédiaires, à savoir l'emploi agricole et les conflits. Ce chapitre présente successivement : (i) le modèle empirique que nous mobilisons pour cette analyse, et (ii) les hypothèses d'identification qui nous permet d'inférer des relations causales.

4.1 Le modèle empirique

Les individus réagissent aux effets néfastes du changement climatique en migrant vers des zones moins affectées ou vers des régions offrant des facteurs favorisant la résilience. Le changement climatique agit ainsi comme un facteur d'impulsion, un « push factor » de la migration (Wodon *et al.*, 2014). Dans notre analyse empirique, nous nous concentrons sur les zones d'origine des migrations internes.

Le choix de focaliser l'analyse sur les zones d'origine repose sur deux justifications principales. D'une part, la problématique de la résilience face au changement climatique est particulièrement pertinente au niveau des zones d'origine. Comprendre comment le changement climatique influence l'émigration depuis ces zones permet d'élaborer des politiques publiques visant à renforcer la résilience climatique locale et à atténuer ses impacts sur le bien-être des populations. D'autre part, notre étude porte sur la migration interne, qui, à l'échelle nationale, constitue un circuit fermé : toute réduction de l'émigration liée au changement climatique dans une zone d'origine se traduit par une baisse équivalente de l'immigration dans une autre zone.

L'expression 4.1 décrit le modèle empirique de base estimé en coupe transversale pour 2013. Une version en panel est proposée dans la section de robustesse (cf. équation 5.2).

$$E_o = \theta_0 + \theta_1 T_o + \theta_2 P_o + \sum_{r=1}^s X_{ro} \theta_r + \epsilon_o \quad (4.1)$$

Avec E représentant le logarithme du taux d'émigration dans la zone d'origine o , le chapitre 3 a mis en évidence l'existence d'une relation non linéaire entre la migration et les variations climatiques (Huckstep et Clemens, 2023). La transformation logarithmique du taux d'émigration permet ainsi de tenir compte de cette non-linéarité. D'autres formes de non-linéarité sont examinées dans la section consacrée aux tests de robustesse.

Les variables T et P désignent respectivement les indicateurs de changement climatique, tels que définis dans l'expression i, et capturent les variations de température et de précipitations. La matrice X regroupe les variables de contrôle, incluant notamment l'altitude des zones, leur taux de diplomation et leur taux d'urbanisation. Le terme ϵ correspond à l'erreur idiosyncratique, tandis que θ_i désigne les paramètres à estimer.

La littérature sur les déterminants de la migration souligne le rôle central de l'urbanisation, qui agit comme facteur d'attraction via la productivité (Lagakos *et al.*, 2023) et les infrastructures (Rodríguez-Pose et Ketterer, 2012). L'éducation constitue également un facteur clé, les individus plus instruits présentant une plus grande mobilité géographique (Molloy *et al.*, 2011; Chen *et al.*, 2017; Chen et Rosenthal, 2008). Par ailleurs, l'altitude est négativement corrélée à la densité de population (Cohen et Small, 1998) et influence les dynamiques migratoires (Gray et Bilsborrow, 2013). Intégrer ces variables permet d'améliorer la spécification du modèle en limitant les biais liés aux variables omises. En particulier, l'altitude capture partiellement des caractéristiques géographiques fixes non observées, susceptibles d'affecter à la fois la migration et les conditions cli-

matiques. Elle est, en effet, associée à un niveau de revenu plus faible (Kalkuhl et Wenz, 2020) et à des températures plus basses (Kalkuhl et Wenz, 2020; Wang *et al.*, 2011). Dans une région montagneuse comme l'Afrique de l'Est, où se situe l'Éthiopie, l'altitude est donc un facteur potentiellement confondant (Dalle *et al.*, 2023).

Nous testons la pertinence d'inclure la distance des zones éthiopiennes au Soudan du Sud et à l'Érythrée afin de tenir compte des flux migratoires transfrontaliers liés aux conflits dans ces pays. Pour chaque zone, la distance est mesurée à vol d'oiseau entre son centroïde et la frontière la plus proche de chacun de ces pays, puis la distance minimale est retenue. Nous examinons également l'effet d'une pondération par la population des zones, issue du recensement de 2007, sur les coefficients estimés.

Les études antérieures sur le lien entre changement climatique et migration soulignent que l'impact climatique est souvent indirect, s'exerçant par des mécanismes socio-économiques (OECD, 2023; Black *et al.*, 2011). En particulier, le changement climatique accroît la volatilité des revenus agricoles et, en affectant des ressources comme l'eau, intensifie les risques de conflits et de violences (OECD, 2023; Hoffmann *et al.*, 2020). En Éthiopie, les conflits (Schewel et Asmamaw, 2021) et la dégradation des sols (Juliane *et al.*, 2021) sont des facteurs majeurs de migration. Par ailleurs, les précipitations influencent significativement l'emploi non agricole (Bezabih *et al.*, 2010), suggérant un déplacement de la main-d'œuvre hors du secteur agricole, pouvant s'accompagner d'une migration des zones rurales vers les centres urbains. Afin de modéliser ces mécanismes, nous complétons l'expression 4.1 par les équations 4.2 et 4.3 dans le cadre de la modélisation par équations structurelles (SEM).

$$\begin{cases} C_o = \beta_0 + \beta_1 T_o + \beta_2 P_o + \beta_3 A_o + \beta_4 Ed_o + \mu_o \\ E_o = \theta_0 + \theta_1 T_o + \theta_2 P_o + \sum_{r=1}^s X_{ro} \theta_r + \epsilon_o \end{cases} \quad (4.2)$$

$$\begin{cases} A_o = \alpha_0 + \alpha_1 T_o + \alpha_2 P_o + \alpha_3 C_o + \alpha_4 Ed_o + \omega_o \\ E_o = \theta_0 + \theta_1 T_o + \theta_2 P_o + \sum_{r=1}^s X_{ro} \theta_r + \epsilon_o \end{cases} \quad (4.3)$$

Dans les expressions 4.2 et 4.3, les variables C_o et A_o désignent respectivement les conflits socio-politiques et l'emploi agricole dans la zone d'origine. La variable Ed_o correspond au taux d'éducation, mesuré par le taux de diplomation. Les termes μ_o et ω_o représentent les erreurs aléatoires. Les variables climatiques T_o et P_o conservent les mêmes définitions que dans l'équation 4.1, à savoir l'écart entre les observations climatiques de court terme et de long terme, standardisé par l'écart type des observations de long terme. L'équation E_o est identique à l'équation 4.1, mais elle est estimée conjointement avec 4.2 et 4.3 par Maximum de Vraisemblance dans le cadre d'un modèle à équations structurelles. Pour identifier les effets climatiques indirects sur la migration, C_o et A_o sont incluses comme variables explicatives dans l'équation de migration E_o .

4.2 Identification

La littérature considère généralement les chocs climatiques, tels que les variations de température et de précipitations, comme des chocs exogènes (Millock, 2015; Kleemans et Magruder, 2017; Cattaneo et Peri, 2016; Boustan *et al.*, 2010). Cette exogénéité soulève peu de doutes au niveau individuel, dans la mesure où les individus n'ont pas d'influence directe sur les conditions climatiques. Toutefois, lorsqu'il s'agit d'analyses agrégées à un certain niveau géographique, comme c'est le cas dans notre étude, cette hypothèse mérite une discussion approfondie. En effet, deux raisons principales pourraient remettre en cause l'exogénéité des chocs climatiques dans ce contexte.

Premièrement, une forte émigration peut réduire l'activité économique locale, en particulier agricole, comme documenté par la littérature (McCarthy *et al.*, 2009; Rozelle *et al.*, 1999; Lucas, 1987). Cette contraction de l'activité agricole peut à son tour influencer les conditions climatiques locales,

le secteur agricole contribuant de manière significative aux émissions de gaz à effet de serre (Bai *et al.*, 2024). Ce canal suggère l'existence d'une rétroaction potentielle de la migration sur les variables climatiques.

Deuxièmement, le lien entre changement climatique et migration peut être direct (Baez *et al.*, 2017; Morrissey, 2013) ou indirect via plusieurs facteurs socio-économiques tels que le revenu par tête, la production agricole, l'emploi non agricole, la valeur des terres et les conflits locaux (Delacrétaz *et al.*, 2023; Bezabih *et al.*, 2010; Schlenker *et al.*, 2006; Hsiang *et al.*, 2011; OECD, 2023; Hoffmann *et al.*, 2020). Certains de ces facteurs, difficilement observables ou contrôlables, peuvent influencer simultanément la migration et les conditions climatiques à l'échelle locale, remettant ainsi en question l'exogénéité stricte des chocs climatiques dans une analyse agrégée.

L'identification des paramètres θ_i repose sur l'absence de variables confondantes entre climat et migration. Les émissions de gaz à effet de serre sont exclues en raison du faible niveau de l'Éthiopie (0,36 % des émissions mondiales) (Crippa *et al.*, 2023) et de leur effet non robuste sur la migration (tableau A.1). Les estimations contrôlent pour l'altitude (Cohen et Small, 1998; Gray et Bilsborrow, 2013; Kalkuhl et Wenz, 2020; Dalle *et al.*, 2023), l'urbanisation (Lagakos *et al.*, 2023; Rodríguez-Pose et Ketterer, 2012) et le taux de diplomation (Molloy *et al.*, 2011; Chen *et al.*, 2017; Chen et Rosenthal, 2008), ainsi que la distance aux frontières du Soudan du Sud et de l'Érythrée pour tenir compte du contexte conflictuel. Nous testons enfin l'effet de la pondération par la population sur la magnitude des coefficients.

Bien que deux sources potentielles d'endogénéité aient été discutées, notre mesure principale du changement climatique, définie comme l'écart entre la moyenne des observations climatiques de court et long terme, standardisé par l'écart type de long terme, est généralement considérée comme exogène à la migration (Kleemans et Magruder, 2017). Les chocs autorégressifs d'ordre un et deux utilisés dans les analyses de robustesse sont également traités comme exogènes. Nous vérifions toutefois cette hypothèse à l'aide d'un test de balance et d'une stratégie instrumentale

qui permet d'évaluer l'endogénéité potentielle et de tester la robustesse des estimations OLS.

Le tableau A.2 présente un test de balance comparant les zones avant le choc climatique de 2013. Les différences sont faibles, hormis un taux d'émigration plus bas dans les zones chaudes et humides, et un taux de handicap plus élevé dans les zones à fortes précipitations. L'équilibre des caractéristiques observables soutient l'exogénéité des variations climatiques.

Pour l'approche instrumentale, nous utilisons la distance à l'équateur comme instrument des conditions climatiques. Cette variable est reconnue comme un déterminant majeur des régimes de température (Donohoe *et al.*, 2013; Jackson *et al.*, 2019; Routson *et al.*, 2019; Desmet et Rossi-Hansberg, 2015; Kalkuhl et Wenz, 2020) et de précipitations (Feng *et al.*, 2019; González-Pinilla *et al.*, 2021; Bonebrake et Mastrandrea, 2010) à l'échelle mondiale.

La distance à l'équateur est couramment utilisée comme mesure des conditions géographiques, notamment climatiques (Frankel et Romer, 1999; Hall et Jones, 1999; Zhang *et al.*, 2024). Elle est également associée à des caractéristiques structurelles liées à la latitude. Dans le contexte migratoire, Burzyński *et al.* (2021) montrent que le changement climatique pousse les populations des basses latitudes vers des régions plus tempérées. Suivant cette littérature, nous instrumentons les variations climatiques par la distance à l'équateur, une variable exogène reflétant des gradients latitudinaux stables de température et de précipitations. Le tableau 4.1 examine la validité de cet instrument.

VARIABLES	Variations des températures				Variations des précipitations			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Distance à l'équateur	0.5701*** (0.0415)	0.57031*** (0.04196)	0.62687*** (0.05161)	0.62881*** (0.05253)	-0.33463*** (0.06063)	-0.33464*** (0.06100)	-0.38054*** (0.07026)	-0.38324*** (0.07103)
Altitude		-0.00001 (0.00002)		0.00002 (0.00002)		0.00000 (0.00003)		-0.00003 (0.00003)
Longitude			-0.03498*** (0.00911)	-0.03639*** (0.01000)			0.02826*** (0.00989)	0.03024*** (0.01053)
Observations	75	75	75	75	75	75	75	75
Kleibergen-Paap Wald rk F statistic	188.8	184.8	147.5	143.3	30.46	30.10	29.34	29.11

Robust standard errors in parentheses

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

Table 4.1 – Variations climatiques et distance à l'équateur

Note : Le tableau 4.1 présente la première étape d'estimation par doubles moindres carrés. Le logarithme du taux d'émigration constitue la variable dépendante. Les variations climatiques sont instrumentées par la distance à l'équateur. Les variations climatiques sont définies selon l'expression i. La distance à l'équateur est mesurée en degrés de latitude nord du fait l'Éthiopie est entièrement située dans l'hémisphère nord. Afin de capturer d'éventuelles non-linéarités, nous utilisons le logarithme de cette distance.

Les résultats du tableau 4.1 indiquent que la distance à l'équateur constitue un instrument fort pour les variations climatiques. Pour la température, les coefficients standardisés sont compris entre 0,57 et 0,63, statistiquement significatifs au seuil de 1 pour cent, avec des statistiques F supérieures à 100. Ces résultats sont robustes à l'inclusion de la longitude. Pour les précipitations, les coefficients sont négatifs (entre -0,38 et -0,33), significatifs au seuil de 1 pour cent, avec des statistiques F supérieures à 30, bien au-dessus du seuil usuel de faibles instruments (Staiger et Stock, 1997; McArthur et McCord, 2017).

Ces résultats sont cohérents avec la littérature montrant que les variations thermiques augmentent avec la latitude dans l'hémisphère nord (Manabe *et al.*, 2011; Jones *et al.*, 1999). Cette relation se vérifie également à l'échelle de l'Éthiopie, où les zones plus éloignées de l'équateur présentent des variations de température plus marquées. Les estimations reportées en annexe (tableau A.3)

à l'aide d'écart-types non robustes conduisent à des conclusions inchangées.

Pour renforcer la validité de l'instrument, le tableau A.4 en annexe teste l'hypothèse d'exclusion, selon laquelle la distance à l'équateur n'influence la migration qu'à travers ses effets sur les variations climatiques. Le tableau présente les résultats d'une régression réduite de la migration sur la distance à l'équateur. Les coefficients sont faibles et non significatifs, tandis que les R^2 ajustés sont très bas, indiquant une faible capacité explicative directe de la distance sur la migration.

L'utilisation de la distance à l'équateur comme instrument des variations climatiques permet de réaliser un test formel d'endogénéité via une estimation en doubles moindres carrés ordinaires du modèle 4.1. Le tableau 5.7, présenté dans la section robustesse, confirme que les variations de température et de précipitations, mesurées par l'écart standardisé entre les moyennes de court et long terme, sont exogènes à la migration.

Sur cette base, nous estimons le modèle 4.1 par moindres carrés ordinaires, méthode fournissant des coefficients non biaisés en l'absence d'endogénéité. Dans la section de robustesse, nous présentons les résultats obtenus par doubles moindres carrés pour confronter ces estimations.

Nous concluons ce chapitre par une caractéristique clé de la modélisation par équations structurales (SEM) appliquée aux expressions 4.2 et 4.3. Si l'interprétation causale des coefficients β_1 , β_2 , α_1 et α_2 est un avantage majeur de la SEM (Bollen, 1989), elle n'est pas une condition indispensable à son application. En effet, même si les relations intermédiaires ne sont pas strictement causales, l'effet total peut être interprété causalement, à condition que la relation directe entre la variable exogène (changement climatique) et la variable finale (émigration) soit correctement identifiée (Bollen, 1989). Toutefois, la validité du modèle requiert que les liens entre changement climatique et emploi agricole, ainsi qu'entre changement climatique et conflits, soient statistiquement significatifs, assurant que ces mécanismes transmettent effectivement les effets climatiques sur la migration.

CHAPITRE 5

EFFETS DIRECTS ET INDIRECT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LA MIGRATION INTERNE EN ÉTHIOPIE

Ce chapitre présente les résultats empiriques. Nous commençons par estimer l'équation 4.1 pour identifier l'effet direct du changement climatique sur la migration, d'abord de façon agrégée, puis selon les saisons agricoles. Nous analysons ensuite les mécanismes médiateurs, notamment l'emploi agricole et les conflits, à partir des équations 4.2 et 4.3 estimées par SEM. Enfin, nous testons la robustesse des résultats à l'aide de spécifications et méthodes d'estimation alternatives.

5.1 Effets directs du changement climatique sur la migration interne

Ce paragraphe examine l'effet direct du changement climatique sur la migration, tel que suggéré par la littérature (voir chapitre 1). L'équation 4.1 est estimée par OLS, conformément à la stratégie d'identification exposée précédemment. Les résultats sont d'abord présentés pour l'ensemble de la période, puis déclinés selon les phases du calendrier agricole afin d'évaluer l'hétérogénéité des effets.

5.1.1 Résultats généraux

Le tableau 5.1 présente les résultats de l'estimation par moindres carrés ordinaires (OLS). Le modèle est estimé en utilisant les variations climatiques observées sur l'ensemble de l'année 2013, considérée comme une période de court terme selon la définition retenue à l'expression i.

Les résultats du tableau 5.1, en colonnes (6) et (7), montrent que les variations de température ont un effet positif sur le taux d'émigration, tandis que les variations de précipitations exercent un effet négatif. Au seuil de 5 pour cent, une hausse d'un écart type de température augmente

VARIABLES	Taux d'émigration (variable dépendante)						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Variations des températures	0.331 (0.495)		-0.213 (0.693)	0.7361** (0.3474)		0.7371** (0.3213)	
Variations des précipitations		-0.731 (0.573)	-0.904 (0.808)		-0.4609 (0.4416)		-0.8971* (0.4590)
Altitude				0.0006*** (0.0002)	0.0006*** (0.0002)	0.0006*** (0.0001)	0.0010*** (0.0001)
Taux d'urbanisation				-1.4231*** (0.2330)	-1.3227*** (0.2397)	-1.4308*** (0.1971)	
Taux de diplomation				-0.0791 (1.3267)	-0.1708 (1.3915)		-4.2418*** (1.3873)
Distance avec SS, ERT				-0.0023 (0.1058)	-0.0246 (0.1141)		
Observations	75	75	75	75	75	75	75
Adjusted R-squared	-0.008	0.008	-0.004	0.5735	0.5528	0.5855	0.3731

Standard errors in parentheses

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

Table 5.1 – Estimation par OLS

Note : Les estimations sont obtenues par moindres carrés ordinaires (OLS). La variable dépendante est le logarithme du taux d'émigration. Les variations climatiques sont définies conformément à l'expression i. L'échantillon comprend 75 zones éthiopiennes. SS et ERT désignent respectivement le Soudan du Sud et l'Érythrée. Les écarts-types non robustes sont reportés entre parenthèses.

le taux d'émigration de 74 pour cent. À l'inverse, une variation d'un écart type des précipitations réduit ce taux de 90 pour cent, significatif au seuil de 10 pour cent.¹

Les variables de contrôle sont essentielles à l'interprétation de ces résultats. Sans elles, les effets des variations de température et de précipitations sont instables et non significatifs. L'intégration

1. Les coefficients estimés reflètent des variations en pourcentage du taux d'émigration (moyenne : 0,20), et non du nombre absolu de migrants. Ainsi, un coefficient de -90 pour cent correspond à une baisse d'environ 18 points de pourcentage. Cette interprétation vaut pour l'ensemble des estimations de l'équation 4.1.

conjointe des variations de température et de précipitations réduit l'ajustement du modèle, probablement en raison de leur forte corrélation. L'altitude a un effet positif significatif à 1 pour cent dans les deux modèles, tandis que le taux d'urbanisation agit négativement sur l'émigration. Ces résultats indiquent que les zones élevées ou moins urbanisées présentent une émigration plus importante, probablement en raison de contraintes d'accès ou d'opportunités économiques limitées. Le taux de diplomation, significatif et négatif dans le modèle avec précipitations, suggère que l'éducation contribue à retenir la population locale.

En annexe, les tableaux B.2 et B.1 répliquent les estimations du tableau 5.1 avec des écarts-types robustes et clusterisés au niveau des régions. Les résultats sont qualitativement inchangés avec des écarts-types robustes, mais perdent leur significativité lorsque les écarts-types sont clusterisés, vraisemblablement en raison du faible nombre de clusters (dix régions). Le tableau B.3 rapporte des estimations pondérées par la population des zones issue du recensement de 2007. La pondération réduit la magnitude du coefficient associé aux variations de température (significatif à 10 pour cent) et rend non significatif celui des précipitations, sans modifier le sens des effets. La pondération n'apporte pas d'information supplémentaire pertinente et est donc omise dans les estimations suivantes.

Après l'analyse de la migration de long terme, le tableau 5.2 examine la migration de court terme (au plus un an, juin 2012–juin 2013), estimée en niveau afin d'inclure les zones sans migrants; les transformations logarithmiques, y compris $\log(1 + y)$, sont évitées en raison de la présence de zéros et des difficultés d'interprétation (Chen et Roth, 2023). Les variations climatiques sont mesurées sur la même fenêtre temporelle.

Les effets des variations climatiques sur la migration de court terme sont qualitativement similaires mais de plus faible ampleur que ceux observés à long terme : une hausse d'un écart-type de la température augmente la migration de 3,0 points de pourcentage, tandis qu'une variation équivalente des précipitations la réduit de 2,5 points de pourcentage, suggérant des effets qui

VARIABLES	Taux d'émigration d'au plus un an (variable dépendante)						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Variations des températures	0.020 (0.014)		0.015 (0.020)	0.0290** (0.0127)		0.0290** (0.0118)	
Variations des précipitations		-0.020 (0.017)	-0.008 (0.024)		-0.0142 (0.0162)		-0.0250* (0.0148)
Altitude				0.0000*** (0.0000)	0.0000*** (0.0000)	0.0000*** (0.0000)	0.0000*** (0.0000)
Taux d'urbanisation				-0.0278*** (0.0085)	-0.0242*** (0.0088)	-0.0319*** (0.0072)	
Taux de diplomation				-0.0446 (0.0485)	-0.0454 (0.0512)		-0.1222*** (0.0448)
Distance avec SS, ERT				-0.0007 (0.0039)	-0.0020 (0.0042)		
Observations	75	75	75	75	75	75	75
Adjusted R-squared	0.012	0.006	-0.000	0.3428	0.3008	0.3530	0.2440

Standard errors in parentheses
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Table 5.2 – Migration de court terme

Note : Les estimations OLS utilisent le taux d'émigration sur au plus un an comme variable dépendante, incluant les zones à zéro émigrant, SS et ERT désignant respectivement le Soudan du Sud et l'Érythrée, et les écarts-types non robustes sont reportés entre parenthèses.

s'accumulent dans le temps.

Bien que les zones proches du Soudan du Sud et de l'Érythrée puissent être exposées à des flux migratoires transfrontaliers, les tableaux 5.1 et 5.2 montrent que la distance à ces frontières n'a pas d'effet statistiquement significatif sur la migration interne en Éthiopie. Cette mesure capture vraisemblablement des facteurs structurels, tandis que les conflits dans ces pays génèrent des flux cycliques et temporaires. La variable est donc omise dans les estimations suivantes.

Les estimations précédentes évaluent l'effet marginal des variables climatiques sur la migration,

sans tenir compte de l'influence spécifique des conditions climatiques extrêmes. Dans la littérature, ces extrêmes sont fréquemment définis à partir du 90^e percentile de la distribution des variables climatiques (Baez *et al.*, 2017). Toutefois, étant donné le nombre limité d'observations au-delà de ce seuil dans notre échantillon, nous retenons le 75^e percentile comme seuil de référence. Le tableau 5.3 présente les estimations associées à ces conditions extrêmes.

VARIABLES	Taux d'émigration (variable dépendante)		
	(1)	(2)	(3)
Températures \geq 75 ^e percentile		0.156 (0.145)	0.058 (0.153)
Précipitations \geq 75 ^e percentile	-0.316** (0.151)		-0.294* (0.163)
Altitude	0.001*** (0.000)	0.001*** (0.000)	0.001*** (0.000)
Taux d'urbanisation	-1.340*** (0.231)	-1.399*** (0.236)	-1.350*** (0.234)
Taux de diplomation	-0.208 (1.330)	0.270 (1.353)	-0.137 (1.351)
Observations	75	75	75
Adjusted R-squared	0.575	0.556	0.570

Standard errors in parentheses
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Table 5.3 – Influence des variations climatiques extrêmes (OLS)

Note : Le tableau 5.3 donne l'estimation par OLS pour les conditions climatiques extrêmes. Températures \geq 75^e percentile prend la valeur de un pour les zones où les variations climatiques (i) sont supérieures ou égales au 75^e percentile et zéro autrement. Précipitations \geq 75^e percentile suit la même logique mais pour les précipitations.

Les résultats du tableau 5.3 suggèrent que les précipitations extrêmes réduisent l'émigration de

32 pour cent, un effet plus faible que celui des précipitations non extrêmes (-90 pour cent). Cela indique que les chocs modérés, mais persistants, incitent davantage à migrer que les événements extrêmes, souvent perçus comme transitoires. La température extrême n'a pas d'effet significatif, ce qui pourrait refléter une certaine résilience ou un impact économique limité.

5.1.2 Chocs climatiques saisonniers et migration

Nous analysons l'impact des chocs climatiques sur la migration selon le calendrier agricole. En distinguant les saisons de semis, croissance et récolte précédant la migration, nous mettons en évidence des réponses migratoires différées liées aux dynamiques agricoles. La migration observée en 2013 est mise en relation avec les variations climatiques mesurées lors de la dernière saison agricole précédant l'enquête, du 24 mai au 12 juin 2013. Le tableau 5.4 reporte les résultats de ces analyses.

Les estimations présentées au tableau 5.4 montrent que les variations de température observées durant la saison *Meher* (juin-septembre 2012) exercent un effet significatif sur la migration enregistrée entre mai et juin 2013. Une augmentation d'un écart-type de la température accroît l'émigration de 57 pour cent. En revanche, l'effet négatif estimé de 44 pour cent pour les variations de précipitations au cours de cette saison n'est pas statistiquement significatif. Cet effet devient toutefois significatif pendant la saison de plantation du maïs et du sorgho dans certaines zones : une hausse d'un écart-type des variations de précipitations est alors associée à une diminution de 25 pour cent de l'émigration, suggérant une sensibilité locale aux chocs climatiques en début de cycle agricole. Dans l'ensemble, les effets climatiques estimés pour les grandes saisons agricoles sont plus faibles que ceux obtenus sans distinction saisonnière, ce qui suggère que la migration répond également à des facteurs non agricoles.

VARIABLES	Taux d'émigration (variable dépendante)									
	Plantation et croissance (<i>Meher</i>)		Plantation en général		Croissance en général		Plantation M, T et S		Plantation M et S	
Variations des températures	0.573**		0.314*		0.283*		0.344*		0.161	
	(0.282)		(0.185)		(0.159)		(0.193)		(0.125)	
Variations des précipitations		-0.442		0.006		-0.298*		-0.009*		-0.254***
		(0.304)		(0.121)		(0.169)		(0.005)		(0.085)
Altitude	0.001***	0.001***	0.001***	0.001***	0.001***	0.001***	0.001***	0.001***	0.001***	0.001***
	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)
Taux d'urbanisation	-1.405***	-1.339***	-1.409***	-1.377***	-1.382***	-1.376***	-1.430***	-1.446***	-1.378***	-1.448***
	(0.231)	(0.235)	(0.233)	(0.240)	(0.232)	(0.232)	(0.233)	(0.235)	(0.234)	(0.224)
Taux de diplomation	0.004	-0.118	0.032	0.141	0.034	0.121	0.097	0.370	0.096	0.266
	(1.323)	(1.352)	(1.334)	(1.363)	(1.331)	(1.330)	(1.330)	(1.336)	(1.344)	(1.282)
Observations	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
Adjusted R-squared	0.574	0.562	0.566	0.548	0.568	0.568	0.568	0.568	0.559	0.599

Standard errors in parentheses
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Table 5.4 – Variations climatiques pendant les saisons agricoles : Estimation OLS

Note : Le tableau 5.4 présente les estimations OLS des effets des chocs climatiques survenus pendant les principales saisons agricoles précédant la migration. Sont considérées les périodes de plantation (mai–juillet), de croissance (août–novembre), les saisons spécifiques au maïs, teff et sorgho (juin–juillet ou octobre selon les zones), ainsi que la grande saison *Meher* (juin–septembre), couvrant semis et croissance de la plupart des cultures. Ces périodes sont définies à partir des calendriers agricoles (Foreign Agricultural Service, United States Department of Agriculture, 2012, 2025) et harmonisées avec la période d'enquête.

Après avoir estimé l'effet des variations climatiques sur la migration selon les saisons agricoles, nous examinons à présent l'impact des chocs climatiques extrêmes pendant les grandes saisons agricoles. Le tableau 5.5 en présente les résultats.

Les résultats du tableau 5.5 indiquent que les chocs climatiques extrêmes survenus pendant les saisons agricoles n'ont, dans l'ensemble, pas d'effet statistiquement significatif sur la migration, à l'exception des précipitations. Une intensification des précipitations extrêmes est associée à une baisse du taux d'émigration de 39 pour cent durant la grande saison *Meher*, et de 40 pour cent lors de la saison de plantation du maïs et du sorgho. Ces résultats confirment ceux obtenus sans distinction saisonnière, suggérant que les ménages perçoivent les chocs extrêmes comme transitoires.

Toutefois, l'effet plus marqué des précipitations extrêmes durant les saisons agricoles indique que des perturbations sévères peuvent davantage restreindre la migration en affectant négativement les revenus agricoles.

VARIABLES	Taux d'émigration (variable dépendante)									
	Plantation et croissance (Meher)		Plantation en général		Croissance en général		Plantation M, T et S		Plantation M et S	
Températures $\geq 75^{\text{e}}$ percentile	0.1794 (0.1437)		0.0479 (0.1518)		0.0571 (0.1464)		-0.0353 (0.1459)		0.1495 (0.1489)	
Précipitations $\geq 75^{\text{e}}$ percentile		-0.3861** (0.1904)		-0.0737 (0.1540)		-0.2415 (0.1494)		-0.2356 (0.1474)		-0.4042*** (0.1506)
Altitude	0.0006*** (0.0001)	0.0010*** (0.0001)	0.0006*** (0.0001)	0.0006*** (0.0002)	0.0006*** (0.0001)	0.0006*** (0.0001)	0.0006*** (0.0001)	0.0006*** (0.0001)	0.0006*** (0.0001)	0.0005*** (0.0001)
Taux d'urbanisation	-1.3820*** (0.2343)		-1.3757*** (0.2369)	-1.3786*** (0.2365)	-1.3741*** (0.2369)	-1.3576*** (0.2329)	-1.3709*** (0.2389)	-1.4761*** (0.2405)	-1.3371*** (0.2388)	-1.3545*** (0.2257)
Taux de diplomation	0.2041 (1.3454)	-3.8455*** (1.3739)	0.0377 (1.4009)	0.1746 (1.3586)	0.1189 (1.3597)	0.1305 (1.3348)	0.1474 (1.3589)	0.4408 (1.3480)	0.0604 (1.3525)	-0.1733 (1.3000)
Observations	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
Adjusted R-squared	0.5583	0.3755	0.5491	0.5499	0.5494	0.5647	0.5488	0.5643	0.5549	0.5906

Standard errors in parentheses
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Table 5.5 – Influence des variations climatiques extrêmes pendant les saisons agricole (OLS)

Note : Le tableau 5.3 présente les estimations OLS des effets des chocs climatiques extrêmes selon la saison agricole. Les variables indicatrices prennent la valeur 1 lorsque les variations de température ou de précipitation dépassent le 75^e percentile, 0 sinon. Les périodes analysées couvrent les phases de plantation (mai-juillet), de croissance (août-novembre), les semis de maïs, teff et sorgho (juin-juillet ou octobre selon la zone), ainsi que la saison *Meher* (juin-septembre), correspondant aux principales cultures. Les définitions suivent les calendriers agricoles officiels (Foreign Agricultural Service, United States Department of Agriculture, 2012, 2025) et sont alignées sur le calendrier de l'enquête.

Cette section a examiné l'effet direct des variations climatiques sur la migration, ainsi que leur impact selon les saisons agricoles précédant la migration. Les résultats montrent qu'une hausse des températures augmente significativement le taux d'émigration, tandis qu'une augmentation des précipitations tend à le réduire. L'influence des variations climatiques extrêmes reste toutefois limitée comparée à celle des variations non extrêmes, probablement parce que les ménages perçoivent ces chocs extrêmes comme transitoires. Ces conclusions confirment les résultats de la littérature existante (Baez *et al.*, 2017; Kleemans et Magruder, 2017; Marchiori *et al.*, 2012; Dall-

mann et Millock, 2017; Gray et Mueller, 2012; Chen et al., 2017) et mettent en lumière le rôle différencié des conditions climatiques observées durant les périodes agricoles dans les dynamiques migratoires. La section suivante approfondit l'analyse des mécanismes en explorant deux canaux clés : l'emploi agricole et les conflits socio-politiques.

5.2 Mécanismes : emploi agricole et conflits

Après avoir établi l'effet des variations climatiques sur la migration, cette section explore deux canaux clés : l'emploi agricole et les conflits. Les chocs climatiques peuvent réduire les opportunités économiques locales via l'emploi agricole, et accroître les tensions susceptibles de générer des conflits, renforçant ainsi les dynamiques migratoires. Le tableau 5.6 présente les résultats, en estimant les équations 4.2 et 4.3.

Table 5.6 – Variations climatiques et migration : Mécanismes de l'emploi agricole et des conflits

VARIABLES	Mécanisme de l'emploi agricole			Mécanisme des Conflits		
	Coef.	Robust Std. Err.	P-value	Coef.	Robust Std. Err.	P-value
Effets directs	Taux d'emploi agricole			Conflits		
Variations des températures	0.605	0.363	0.095	0.557	1.334	0.676
Variations des précipitations	0.969	0.471	0.040	2.653	1.045	0.011
Taux de diplomation	-15.779	1.479	0.000	-0.217	4.075	0.958
Taux d'emploi agricole				-1.417	1.512	0.349
Conflits	-0.003	0.002	0.223			
Effets directs	Taux d'émigration			Taux d'émigration		
Variations des températures	0.959	0.502	0.056	0.898	0.424	0.034
Variations des précipitations	0.783	0.505	0.121	0.490	0.469	0.296
Taux de diplomation	-0.580	2.389	0.808	-0.460	1.127	0.683
Altitude	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Taux d'urbanisation	-1.610	0.245	0.000	-1.632	0.215	0.000
Taux d'emploi agricole	-0.023	0.148	0.875			
Conflits				0.113	0.047	0.017

Suite sur la page suivante

Suite du tableau 5.6

VARIABLES	Mécanisme de l'emploi agricole			Mécanisme des Conflits		
	Coef.	Robust Std. Err.	P-value	Coef.	Robust Std. Err.	P-value
Effets indirects	Taux d'émigration			Taux d'émigration		
Variations des températures	-0.014	0.087	0.872	0.063	0.151	0.677
Variations des précipitations	-0.023	0.139	0.871	0.299	0.166	0.071
Taux de diplomation	0.367	2.340	0.875	-0.025	0.463	0.958
Taux d'emploi agricole				-0.160	0.198	0.419
Conflits	0.000	0.000	0.866			
Effets totaux	Taux d'emploi agricole			Conflits		
Variations des températures	0.605	0.363	0.095	0.557	1.334	0.676
Variations des précipitations	0.969	0.471	0.040	2.653	1.045	0.011
Taux de diplomation	-15.779	1.479	0.000	-0.217	4.075	0.958
Taux d'emploi agricole				-1.417	1.512	0.349
Conflits	-0.003	0.002	0.223			
Effets totaux	Taux d'émigration			Taux d'émigration		
Variations des températures	0.945	0.494	0.056	0.961	0.490	0.050
Variations des précipitations	0.761	0.498	0.126	0.790	0.489	0.106
Taux de diplomation	-0.213	1.025	0.835	-0.485	1.107	0.661
Altitude	0.000	0.000	0.001	-0.160	0.198	0.419
Taux d'urbanisation	-1.610	0.245	0.000	0.000	0.000	0.000
Taux d'emploi agricole	-0.023	0.148	0.875	-1.632	0.215	0.000
Conflits	0.000	0.000	0.866	0.113	0.047	0.017

Note : Le tableau 5.6 présente les estimations des effets directs, indirects et totaux des variations climatiques sur la migration, via les mécanismes de l'emploi agricole et des conflits. Il inclut également les effets des variations climatiques sur l'emploi agricole et les conflits. L'estimation repose sur la méthode des équations structurelles (SEM). Les conflits et le taux d'émigration sont exprimés en logarithme lorsqu'ils apparaissent comme variables dépendantes, afin de capturer d'éventuelles non-linéarités, et dans les équations secondaires de la SEM pour identifier les effets indirects. Les écarts types robustes sont reportés pour corriger l'hétéroscédasticité.

Les résultats du tableau 5.6 révèlent que les variations climatiques influencent directement l'emploi agricole, tandis que seules les précipitations affectent significativement les conflits. Ces effets forment la première chaîne du mécanisme reliant climat et migration.

Concernant le canal de l'emploi agricole, une augmentation d'un écart-type de température accroît directement l'émigration de 96 pour cent, mais l'effet des précipitations est nul. De même, dans le mécanisme des conflits, seul l'effet direct des températures demeure significatif. Les coefficients estimés par la SEM s'interprètent de la même manière que dans le modèle précédent, comme des variations en pourcentage du taux d'émigration, et non du nombre absolu de migrants.

Cependant, les effets indirects via ces canaux diffèrent. Le canal agricole n'est pas significatif, tandis que les précipitations ont un effet indirect via les conflits : une hausse d'un écart-type accroît les conflits de 265 pour cent, induisant une augmentation de l'émigration de 30 pour cent, significative à 10 pour cent.

Ainsi, les effets indirects révèlent des dynamiques absentes des effets totaux. L'absence d'effet indirect significatif via l'emploi agricole suggère l'existence d'autres canaux non modélisés. En somme, le mécanisme conflictuel apparaît comme le principal vecteur indirect de l'impact climatique sur la migration.

En somme, les estimations par SEM indiquent que les variations climatiques influencent principalement la migration par un effet direct, tandis que les effets indirects via l'emploi agricole restent limités. Ce constat diverge de *Mastrorillo et al. (2016)*, qui identifient l'agriculture comme un canal robuste du changement climatique vers la migration, mais rejoint partiellement *Quiñones et al. (2023)* sur le rôle modéré de l'emploi agricole. En revanche, contrairement à ces derniers, nous trouvons que les conflits constituent un mécanisme pertinent de l'influence climatique sur la migration. Ces résultats s'inscrivent par ailleurs dans la continuité des études liant climat, conflits (*Hsiang et al., 2011; Burke et al., 2009; Ruysen et Rayp, 2014; Maystadt et Ecker, 2014; Hsiang et al., 2013; Moore et Shellman, 2004*) et agriculture (*Dillon et al., 2011; Delacrétaz et al., 2023*), qui affectent la migration de manière indépendante, sans canaliser l'effet climatique.

Ces résultats suggèrent que l'impact du changement climatique sur la migration ne se limite pas à

des mécanismes économiques ou sécuritaires isolés, mais s'exerce probablement par des canaux multidimensionnels complexes, appelant à des recherches approfondies.

Pour vérifier la robustesse des résultats relatifs aux effets directs et indirects du changement climatique sur la migration, la section suivante présente des analyses complémentaires portant sur les spécifications, la mesure des variables climatiques et le degré d'agrégation des données.

5.3 Robustesse des résultats

Nous testons la robustesse des résultats selon quatre axes : (i) l'approfondissement de l'approche instrumentale du chapitre 4 pour identifier l'effet exogène des chocs climatiques ; (ii) des spécifications alternatives des variables climatiques (retards, termes quadratiques, chocs auto-régressifs) pour capter les effets différés, non linéaires ou exogènes ; (iii) une réestimation du modèle SEM durant la grande saison agricole ; et (iv) une analyse désagrégée au niveau individuel, sans agrégation géographique.

5.3.1 L'approche instrumentale

Dans le chapitre 4, nous avons discuté l'identification à partir de la distance à l'équateur comme instrument des conditions climatiques. Le tableau 4.1 en évalue la pertinence. Nous poursuivons avec l'estimation de la deuxième étape, donnée par l'équation 5.1, à l'aide des doubles moindres carrés.

$$E_o = \theta_0 + \theta_1 \hat{T}_o + \theta_2 \hat{P}_o + \sum_{r=1}^s X_{ro} \theta_r + \epsilon_o \quad (5.1)$$

où \hat{T}_o et \hat{P}_o désignent les variations de température et de précipitations prédites à partir de la première étape (tableau 4.1), sans variables de contrôle. Le tableau 5.7 présente les résultats de la

seconde étape, correspondant à une estimation par variable instrumentale des effets précédemment obtenus par OLS (tableau 5.1).

VARIABLES	Taux d'émigration (variable dépendante)					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Variations des températures	0.8098*		0.8670**		0.8556**	
	(0.4608)		(0.4304)		(0.3939)	
Variations des précipitations		-1.3795*		-1.6309*		-1.5022*
		(0.8236)		(0.8981)		(0.7891)
Altitude			0.0006***	0.0005***	0.0006***	0.0010***
			(0.0002)	(0.0002)	(0.0001)	(0.0001)
Taux d'urbanisation			-1.4340***	-1.2231***	-1.4413***	
			(0.2280)	(0.2233)	(0.2139)	
Taux de diplomation			-0.1229	-1.0292		-4.4710***
			(1.0278)	(1.2248)		(1.1748)
Distance avec SS, ERT			0.0113	0.1118		
			(0.1269)	(0.1463)		
Observations	75	75	75	75	75	75
R-squared	-0.0066	0.0046	0.6015	0.5406	0.6015	0.3838
F-statistic	3.006	2.731	19.99	20.30	34.07	20.48
Kleibergen-Paap rk Wald F	188.8	30.46	130.1	30.02	192.2	29.80
Cragg-Donald Wald F	112.6	28.93	105.3	24.62	113.6	27.77
Underidentification stat	32.28	17.62	29.08	21.12	32.15	17.72
Underidentification p-val	1.34e-08	2.70e-05	6.96e-08	4.31e-06	1.42e-08	2.55e-05
Endogeneity test stat	1.696	0.697	0.171	1.999	0.159	0.681
Endogeneity p-val	0.193	0.404	0.679	0.157	0.690	0.409

Robust standard errors in parentheses

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

Table 5.7 – Estimation par IV : Deuxième étape

Note : Le tableau 5.7 présente les estimations doubles moindres carrés (2SLS) du logarithme du taux d'émigration, avec la distance à l'équateur comme instrument, et rapporte les tests de validité de l'instrument ainsi que le test d'endogénéité des variables climatiques. SS et ERT désignent respectivement le Soudan du Sud et l'Érythrée.

Le tableau 5.7 teste formellement l'endogénéité des variables climatiques. Les statistiques de

Kleibergen-Paap rk Wald F et de Cragg-Donald Wald F, nettement supérieures au seuil critique de 16,38, indiquent que la distance à l'équateur constitue un instrument pertinent, écartant l'hypothèse d'instruments faibles (Staiger et Stock, 1997; McArthur et McCord, 2017). Le test de sous-identification confirme que le modèle est identifié, les instruments affectant distinctement les températures et les précipitations. Le test d'endogénéité ne permet pas de rejeter l'exogénéité des variables climatiques. Le tableau B.5 en annexe reproduit l'estimation avec des écarts-types non robustes et des tests supplémentaires, confirmant la robustesse des résultats.²

Le test d'endogénéité du tableau 5.7 ne remet pas en cause l'exogénéité des variables climatiques, ce qui confirme la validité des estimations OLS du tableau 5.1. Les résultats issus de l'estimation par variable instrumentale conduisent à des conclusions similaires, bien que les coefficients soient légèrement plus élevés : 86 pour cent contre 74 pour cent pour les températures, et -150 pour cent contre -90 pour cent pour les précipitations.³ Ces écarts suggèrent une relation robuste entre les variations climatiques et les taux d'émigration.

Comme pour les estimations OLS, la distance au Soudan du Sud et à l'Érythrée est peu pertinente dans les estimations par variables instrumentales. Le tableau B.6 en annexe réplique le tableau 5.7 en pondérant par la population issue du recensement de 2007. Cette pondération n'altère ni la magnitude ni la significativité des coefficients climatiques, mais rend la distance aux frontières positive et significative, sans affecter les conclusions principales.

2. Kleibergen-Paap rk Wald F : H_0 (instruments faibles) ; seuil >16,38 pour rejeter H_0 . Test d'endogénéité : H_0 (exogénéité). Sous-identification : H_0 (modèle sous-identifié).

3. Les coefficients estimés dans ces modèles s'interprètent comme des variations en pourcentage du taux d'émigration, et non comme des variations en pourcentage du nombre absolu de migrants. Étant donné que le taux moyen d'émigration dans les données est de 0,20, un coefficient estimé de -150 pour cent correspond approximativement à une diminution de 0,30, soit 30 points de pourcentage. Cette logique d'interprétation s'applique à l'ensemble des coefficients issus de l'estimation de l'équation 5.1.

VARIABLES	Taux d'émigration (variable dépendante)	
	(1)	(2)
Températures $\geq 75^e$ percentile		0.4353** (0.2129)
Précipitations $\geq 75^e$ percentile	-0.6955* (0.3551)	
Altitude	0.0006*** (0.0001)	0.0006*** (0.0001)
Taux d'urbanisation	-1.2933*** (0.2326)	-1.4353*** (0.2579)
Taux de diplomation	-0.6318 (1.1444)	0.4931 (1.0817)
Observations	75	75
R-squared	0.5618	0.5575
F-statistic	32.37	20.69
Kleibergen-Paap rk Wald F	19.39	57.91
Cragg-Donald Wald F	17.54	57.55
Underidentification stat	13.91	26.10
Underidentification p-val	0.000191	3.24e-07
Test d'endogénéité (stat)	1.306	3.101
Test d'endogénéité (p-val)	0.253	0.0782

Robust standard errors in parentheses

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

Table 5.8 – Influence des variations climatiques extrêmes (IV)

Note : Le tableau 5.8 rapporte l'estimation 2SLS avec la distance à l'équateur comme instrument. Le taux d'émigration est en logarithme. Les variables indicatrices Températures $\geq 75^e$ et Précipitations $\geq 75^e$ valent 1 si les variations climatiques (i) dépassent le 75^e percentile, 0 sinon. La partie inférieure présente les tests de validité de l'instrument et d'endogénéité.

Bien que le test d'endogénéité du tableau 5.7 ne rejette pas l'exogénéité des variables climatiques, nous mobilisons également des estimations par variable instrumentale pour analyser plus rigoureusement les effets des variations climatiques extrêmes et saisonnières. Le tableau 5.8 présente

les résultats concernant les chocs climatiques extrêmes, le tableau 5.9 ceux selon les saisons agricoles, et le tableau 5.10 détaille les effets des extrêmes climatiques au cours des différentes saisons agricoles.

Les résultats du tableau 5.8 offrent une lecture plus nuancée que ceux du tableau 5.3. L'effet des variations extrêmes de température devient statistiquement significatif à 5 pour cent, alors qu'il était non significatif en OLS. Ce contraste suggère un biais d'endogénéité, confirmé par le test d'endogénéité ($p < 0,10$). Ainsi, l'estimation IV apparaît plus fiable. En termes d'ampleur, les coefficients IV indiquent que les effets climatiques extrêmes sont sous-estimés en OLS : 44 pour cent contre 16 pour cent (non significatif) pour les températures, et -70 pour cent contre -32 pour cent pour les précipitations.

Le tableau 5.9 montre que les estimations IV révèlent des effets climatiques plus marqués que les estimations OLS. Alors que l'OLS identifie des effets significatifs limités (notamment durant la saison *Meher* et certaines phases de semis du maïs et sorgho), l'approche IV met en évidence une influence significative plus systématique des chocs climatiques sur la migration. La divergence entre OLS et IV tient probablement à l'endogénéité des précipitations en saison de croissance. Comme précédemment, l'OLS sous-estime les effets : le coefficient IV de la température pendant *Meher* atteint 65 pour cent, contre 57 en OLS ; celui des précipitations est de -76 pour cent, contre -0.44 (non significatif).

VARIABLES	Taux d'émigration (variable dépendante)									
	Plantation et croissance (Meher)		Plantation général		Croissance général		Plantation M, T et S		Plantation M et S	
Variations des températures	0.6487** (0.3012)		0.5326** (0.2535)		0.3824** (0.1787)		0.6823** (0.3312)		0.3350** (0.1615)	
Variations des précipitations		-0.7602** (0.3733)		-0.9577* (0.5694)		-0.4459** (0.2100)		-0.0251** (0.0116)		-0.3218** (0.1580)
Altitude	0.0006*** (0.0001)	0.0006*** (0.0001)	0.0005*** (0.0002)	0.0002 (0.0003)	0.0006*** (0.0001)	0.0006*** (0.0001)	0.0005*** (0.0002)	0.0006*** (0.0001)	0.0007*** (0.0001)	0.0005*** (0.0001)
Taux d'urbanisation	-1.4086*** (0.2332)	-1.3107*** (0.2162)	-1.4309*** (0.2460)	-1.6866*** (0.4794)	-1.3831*** (0.2328)	-1.3742*** (0.2321)	-1.4804*** (0.2562)	-1.5637*** (0.2704)	-1.3782*** (0.2349)	-1.4660*** (0.2263)
Taux de diplomation	-0.0152 (1.0114)	-0.3084 (1.0339)	-0.0472 (1.0804)	0.9506 (1.6973)	-0.0048 (1.0123)	0.1086 (1.0487)	0.0487 (1.1315)	0.7599 (1.2901)	0.0414 (1.0085)	0.2988 (1.1119)
Observations	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
R-squared	0.5962	0.5789	0.5816	0.1847	0.5891	0.5865	0.5735	0.5359	0.5711	0.6173
F-statistic	22.86	26.42	21.14	7.894	22.12	21.56	21.89	20.69	20.83	23.46
Kleibergen-Paap rk Wald F	207.6	110.1	47.13	6.665	102	109.6	25.18	28.91	77.42	19.10
Cragg-Donald Wald F	280	134	70.39	4.748	180.2	104.7	34.94	15.06	92.75	32.45
Underidentification stat	31.29	30.09	19.51	5.807	27.29	24.26	15.29	19.40	22.96	10.94
Underidentification p-val	2.22e-08	4.13e-08	1.00e-05	0.0160	1.75e-07	8.43e-07	9.20e-05	1.06e-05	1.65e-06	0.000943
Test d'endogénéité (stat)	0.393	1.666	1.967	4.953	1.592	1.334	1.964	2.315	2.560	0.407
Test d'endogénéité (p-val)	0.531	0.197	0.161	0.0260	0.207	0.248	0.161	0.128	0.110	0.524

Robust standard errors in parentheses

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

Table 5.9 – Variations climatiques pendant les saisons agricoles : Estimation IV

Note : Le tableau 5.9 rapporte les estimations IV des effets des chocs climatiques survenus durant les principales saisons agricoles précédant la migration. Sont considérées les périodes de semis (mai-juillet), de croissance (août-novembre), les saisons du maïs, teff et sorgho (juin-juillet ou octobre, selon les zones), ainsi que la saison Meher (juin-septembre). Ces périodes sont définies à partir des calendriers agricoles officiels (Foreign Agricultural Service, United States Department of Agriculture, 2012, 2025) et harmonisées avec l'année de référence.

Le tableau 5.10 révèle que, sous l'estimation par variable instrumentale, les variations climatiques extrêmes durant la saison Meher ont un effet moindre sur la migration que les variations non extrêmes. Ces résultats s'alignent avec ceux des OLS, où les variations non extrêmes durant Meher dominaient en magnitude, bien que seules les précipitations étaient statistiquement significatives. L'instrumentation améliore la significativité des effets des variations climatiques pendant les saisons agricoles précédant la migration, tout en maintenant les signes des coefficients OLS. Ces éléments soulignent l'importance de corriger l'endogénéité des chocs climatiques extrêmes survenus durant les saisons agricoles pour estimer rigoureusement leur effet sur la migration.

VARIABLES	Taux d'émigration (variable dépendante)									
	Plantation et croissance (Meher)		Plantation général		Croissance général		Plantation M, T et S		Plantation M et S	
Températures $\geq 75^{\text{e}}$ percentile	0.4431**		0.9728*		0.4373**		2.5501		0.5129**	
	(0.2131)		(0.5827)		(0.2105)		(2.7405)		(0.2518)	
Précipitations $\geq 75^{\text{e}}$ percentile		-0.4803**		-0.8777*		-0.4551**		-1.2170*		-0.5137**
		(0.2226)		(0.4551)		(0.2137)		(0.7239)		(0.2354)
Altitude	0.0006***	0.0006***	0.0006***	0.0003	0.0006***	0.0006***	0.0004	0.0006***	0.0007***	0.0005***
	(0.0001)	(0.0001)	(0.0002)	(0.0002)	(0.0001)	(0.0001)	(0.0005)	(0.0002)	(0.0001)	(0.0001)
Taux d'urbanisation	-1.3870***	-1.3600***	-1.3210***	-1.3798***	-1.3445***	-1.3390***	-1.9294**	-1.8826***	-1.2363***	-1.3480***
	(0.2542)	(0.2223)	(0.2863)	(0.3004)	(0.2445)	(0.2330)	(0.9141)	(0.4065)	(0.2475)	(0.2334)
Taux de diplomation	0.2898	0.1614	-2.0465	0.4899	-0.0592	0.1170	0.0226	1.6699	-0.1471	-0.2596
	(1.0405)	(1.1284)	(1.9528)	(1.4881)	(1.0375)	(1.0803)	(3.0691)	(2.0434)	(1.0370)	(1.0794)
Observations	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
R-squared	0.5621	0.6000	0.3473	0.4085	0.5327	0.5762	-1.3411	0.3270	0.5431	0.6098
F-statistic	20.47	29.46	14.38	15.11	20.24	20.02	4.246	19.76	19.70	19.99
Kleibergen-Paap rk Wald F	68.28	54.94	9.943	7.928	66.39	60.59	1.136	5.322	47.12	39.52
Cragg-Donald Wald F	52.70	58.25	7.554	9.856	56.92	56.46	0.928	4.529	36.33	42.70
Underidentification stat	24.98	19.05	8.196	6.919	25.04	22.68	1.157	5.206	19.22	16.84
Underidentification p-val	5.80e-07	1.27e-05	0.00420	0.00853	5.63e-07	1.92e-06	0.282	0.0225	1.17e-05	4.06e-05
Test d'endogénéité (stat)	2.938	0.564	4.230	5.065	5.995	1.889	4.396	2.752	3.360	0.424
Test d'endogénéité (p-val)	0.0865	0.452	0.0397	0.0244	0.0143	0.169	0.0360	0.0971	0.0668	0.515

Robust standard errors in parentheses

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

Table 5.10 – Influence des variations climatiques extrêmes pendant les saisons agricole (IV)

Note : Le tableau 5.10 présente les estimations IV des effets des conditions climatiques extrêmes survenues pendant différentes saisons agricoles précédant la migration. La variable Températures $\geq 75^{\text{e}}$ percentile prend la valeur 1 dans les zones où les variations de température (iii) atteignent ou dépassent le 75^{e} percentile, et 0 sinon. La variable Précipitations $\geq 75^{\text{e}}$ percentile est définie de façon analogue pour les précipitations. La distance à l'équateur est utilisée comme instrument. Les périodes considérées incluent la saison de plantation (mai à juillet), la période de croissance (août à novembre), la plantation du maïs, teff et sorgho (juin à juillet) dans certaines zones, et celle du maïs et du sorgho (octobre) dans d'autres. Ces périodes sont définies à partir des calendriers agricoles (Foreign Agricultural Service, United States Department of Agriculture, 2012, 2025) et alignées avec la période d'enquête.

5.3.2 Effets différés, non-linéarités et dynamique des chocs climatiques

La littérature sur les effets du changement climatique sur la migration indique que ces effets peuvent être différés dans le temps (Chen *et al.*, 2017; Kleemans et Magruder, 2017; Gray et Mueller, 2012) et suivre des relations non linéaires (Gray et Mueller, 2012; Bohra-Mishra *et al.*, 2014). Si le logarithme du taux d'émigration permet déjà de capter une certaine non-linéarité, nous approfondissons l'analyse en introduisant (i) des variables climatiques retardées pour capturer les

effets différés, (ii) des termes quadratiques pour tester des non-linéarités plus complexes, et (iii) une mesure alternative de chocs climatiques extrêmes basée sur des processus auto-régressifs.

Nos modèles antérieurs incluait déjà l'altitude pour contrôler l'hétérogénéité spatiale. Cette sous-section approfondit ce contrôle en introduisant des effets fixes temporels et zonaux, permettant de mieux capter les spécificités inobservées propres à chaque zone et période. L'équation 5.2 formalise cette spécification.⁴ Cette spécification complète l'équation 4.1 utilisée en analyse transversale.

$$E_{ot} = \theta_0 + \theta_i T_{ot} + \theta_j P_{ot} + \lambda_o + \lambda_t + u_{ot} \quad (5.2)$$

Dans l'équation 5.2, la variable dépendante E_{ot} représente le taux d'émigration observé dans la zone d'origine o à la période t . Cette spécification enrichie permet d'évaluer l'effet du changement climatique sur la migration, tout en intégrant des éléments non linéaires et des dynamiques différées.

Les variables climatiques explicatives se déclinent en deux composantes principales : température (T) et précipitations (P). Pour chacune, quatre dimensions sont considérées : (i) les valeurs

4. La collecte des données de la National Labor Force Survey 2013 d'Éthiopie s'est déroulée du 24 mai au 12 juin 2013. Pour reconstituer un panel migratoire couvrant 2002-2012, nous utilisons la durée de résidence déclarée par les individus, en additionnant pour chaque année le nombre d'individus qui ont émigré. Nous calculons cette variable considérant une période de dix ans, entre 2002 et 2012. Nous excluons les migrations récentes (<1 an) pour mieux saisir des dynamiques stables. Les variations climatiques sont calculées annuellement, la moyenne de l'année en cours représentant le climat de court terme, et la moyenne depuis 1980 jusqu'à la fin de l'année en cours, constitue le climat de long terme (cf. expression i). Faute de données démographiques annuelles zonales, nous ne rapportons pas l'émigration à la population totale. Certaines zones exclues de l'analyse transversale pour données manquantes sont ainsi incluses dans l'analyse en panel. Cette construction permet d'introduire des effets fixes temporels et individuels dans l'équation 5.2.

contemporaines (te_{ot}, pr_{ot}), (ii) les termes quadratiques (te_{ot}^k, pr_{ot}^k), (iii) les valeurs retardées ($te_{o,t-l}, pr_{o,t-l}$), et (iv) les résidus climatiques d'un processus auto-régressif d'ordre l (voir expression iii). Le degré k indique les termes quadratiques. Les indices i et j correspondent au nombre de coefficients associés à T et P , conformément à l'expression i.

Les effets fixes λ_o (zones) et λ_t (périodes) contrôlent l'hétérogénéité inobservée spatiale et temporelle. u_{ot} désigne le terme d'erreur.

Nous appliquons le test de spécification de Hausman (1978) pour déterminer la nature des effets spécifiques λ_o et λ_t de l'équation 5.2. Ce test distingue entre effets fixes (corrélés aux régresseurs) et effets aléatoires (inclus dans l'erreur composite $\mu_{ot} = \lambda_o + \lambda_t + u_{ot}$, avec u_{ot} erreur idiosyncratique).

Le test de Hausman (tableau B.8, annexe) valide l'hypothèse d'effets aléatoires. Le tableau 5.11 présente les estimations du modèle $E_{ot} = \theta_0 + \theta_i T_{ot} + \theta_j P_{ot} + \mu_{ot}$. Les colonnes (1) et (2) comparent respectivement l'OLS simple et les modèles à effets fixes et aléatoires.⁵

5. Les coefficients du modèle en panel (tableau 5.11) s'interprètent en nombre d'individus ayant émigré suite aux variations climatiques, la variable dépendante correspondant au nombre annuel de migrants. Seule la colonne RE(4) présente des coefficients en pourcentage, la variable dépendante y étant exprimée en logarithme.

VARIABLES	OLS	FE	RE(1)	RE(2)	RE(3)	RE(4)	RE(5)
	Emigration	Emigration	Emigration	Emigration	Emigration	log(émigration)	Emigration
Variations des températures	-4.023 (3.711)	-3.853** (1.917)	-3.815** (1.914)	8.272*** (2.877)	9.435** (4.787)	0.614*** (0.209)	
Variations des précipitations	-3.597 (4.659)	5.052* (2.720)	4.547* (2.701)	16.093*** (2.847)	20.045*** (3.185)	0.412*** (0.139)	
Variations des températures*L1				-12.691*** (2.579)	-12.509*** (2.578)	-0.490*** (0.113)	
Variations des températures*L2				-8.427*** (2.087)	-8.481*** (2.179)	-0.284*** (0.095)	
Variations des précipitations*L1				-6.779** (3.031)	-7.275** (3.101)	-0.295** (0.136)	
Variations des températures ²					-0.686 (10.005)	-0.716 (0.437)	
Variations des précipitations ²					-24.726*** (8.404)	-0.561 (0.367)	
Chocs des températures AR(1)							28.333*** (3.795)
Chocs des températures AR(2)							-23.701*** (2.909)
Chocs des précipitations AR(1)							7.372*** (1.139)
Chocs des précipitations AR(2)							-6.619*** (1.092)
Observations	746	746	746	541	541	541	541
R-squared	0.002	0.014					
F-statistic	0.753	4.556					
Prob > F	0.471	0.0108					
Wald chi2			8.278	91.99	100.9	67.99	99.72
Prob > chi2			0.0159	0.000	0.000	0.000	0.000

Standard errors in parentheses
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Table 5.11 – Chocs, variations climatiques et migration : Retards, effets spécifiques et termes quadratiques

Note : Le tableau 5.11 présente les résultats de l'estimation de l'équation 5.2. Les colonnes (1) et (2) reportent respectivement les résultats issus des estimations OLS et à effets fixes. Les colonnes RE(1) à RE(5) affichent les résultats du modèle à effets aléatoires, retenu à la suite du test de Hausman. Les notations L1 et L2 désignent les retards d'ordre 1 et 2 des variables climatiques. L'exposant carré (²) indique les termes quadratiques, tandis que AR(1) et AR(2) renvoient aux composantes issues de processus autorégressifs d'ordre 1 et 2. Le nombre individus émigrés constitue la variable dépendante.

Les résultats du tableau 5.11, tenant compte des effets spécifiques, divergent de ceux obtenus par OLS ou estimation par variables instrumentales lorsque seules les variations climatiques contemporaines sont considérées. En revanche, en intégrant la non-linéarité et l'effet différé du climat, les résultats indiquent une influence différée négative des variations climatiques sur la migration, tandis que les effets quadratiques sont positifs. Cela suggère que les estimations OLS capturent principalement des effets contemporains. L'inclusion des variables différées confirme que le changement climatique influence la migration avec un décalage : jusqu'à deux ans pour les températures et un an pour les précipitations. Ces résultats sont appuyés par l'utilisation de chocs climatiques exogènes dérivés d'un processus auto-régressif, qui montrent une influence décroissante dans le temps. Enfin, la colonne RE(4) montre que l'usage du logarithme du taux de migration réduit la significativité des termes quadratiques, ce qui suggère que cette transformation capte partiellement la non-linéarité de la relation. Elle indique aussi que le signe négatif des variations climatiques différées traduit qu'une forte migration lors des variations contemporaines réduit le potentiel migratoire l'année suivante.

Le tableau 5.11 présente les estimations fondées sur le nombre annuel de migrants, faute de données sur les populations annuelles par zone pour calculer le taux d'émigration. Pour comparabilité, la population observée en 2013 est imputée aux autres périodes, supposant des variations démographiques négligeables. Le tableau B.10 (annexe) rapporte les résultats obtenus à partir du logarithme du taux d'émigration calculé avec cette population lissée. Les effets contemporains des variations climatiques ne sont pas significatifs, tandis que les effets retardés et autorégressifs le sont, probablement en raison du biais induit par le lissage. Les R^2 restent très faibles (< 5 pour cent), indiquant un pouvoir explicatif limité. Enfin, avec ce taux calculé sur population lissée, le test de Hausman (B.9) privilégie les effets fixes, contrairement au modèle basé sur le nombre de migrants, pour lequel les effets aléatoires sont retenus. En l'absence de données complètes sur les populations, le modèle utilisant le nombre de migrants apparaît le plus approprié.

5.3.3 Mécanismes d'emploi agricole et de conflits durant la grande saison agricole

La section précédente a exploré les canaux par lesquels l'emploi agricole et les conflits influencent la migration face aux variations climatiques. Cette sous-section examine si ces mécanismes s'intensifient durant la grande saison agricole. Pour cela, nous réestimons le modèle SEM en restreignant l'analyse aux chocs climatiques survenus pendant la saison *Meher* précédant la migration. Les résultats sont présentés au tableau 5.12.

Table 5.12 – Variations climatiques pendant la grande saison agricole : Mécanismes de l'emploi agricole et des conflits

VARIABLES	Mécanisme de l'emploi agricole			Mécanisme des Conflits			
	Coef.	Robust Std. Err.	P-value	Coef.	Robust Std. Err.	P-value	
Effets directs	Taux d'emploi agricole			Conflits			
Variations des températures	0.0986	0.3577	0.7830	0.9800	0.9883	0.3210	
Variations des précipitations	0.1740	0.3559	0.6250	1.5795	0.9125	0.0830	
Taux de diplomation	-15.8817	1.5160	0.0000	-0.2285	4.6816	0.9610	
Taux d'emploi agricole				-1.3250	1.6618	0.4250	
Conflits	-0.0017	0.0020	0.3940				
Effets directs	Taux d'émigration			Taux d'émigration			
Variations des températures	0.3652	0.3933	0.3530	0.2693	0.3587	0.4530	
Variations des précipitations	0.2366	0.3659	0.5180	0.0801	0.3586	0.8230	
Taux de diplomation	-0.2384	2.6046	0.9270	-0.4766	1.1585	0.6810	
Altitude	0.0005	0.0001	0.0010	0.0005	0.0001	0.0000	
Taux d'urbanisation	-1.5282	0.2600	0.0000	-1.5575	0.2240	0.0000	
Taux d'emploi agricole	0.0038	0.1527	0.9800				
Conflits				0.1059	0.0488	0.0300	
Effets indirects	Taux d'émigration			Taux d'émigration			
Variations des températures	0.0004	0.0155	0.9810	0.1038	0.1125	0.3560	
Variations des précipitations	0.0007	0.0269	0.9800	0.1673	0.1259	0.1840	
Taux de diplomation	-0.0603	2.4245	0.9800	-0.0242	0.4980	0.9610	
Taux d'emploi agricole				-0.1403	0.1998	0.4820	

Suite sur la page suivante

Suite du tableau 5.6

VARIABLES	Mécanisme de l'emploi agricole			Mécanisme des Conflits			
	Coef.	Robust Std. Err.	P-value	Coef.	Robust Std. Err.	P-value	
Conflits	0.0000	0.0003	0.9800				
Effets totaux	Taux d'emploi agricole			Conflits			
Variations des températures	0.0986	0.3577	0.7830	0.9800	0.9883	0.3210	
Variations des précipitations	0.1740	0.3559	0.6250	1.5795	0.9125	0.0830	
Taux de diplomation	-15.8817	1.5160	0.0000	-0.2285	4.6816	0.9610	
Taux d'emploi agricole				-1.3250	1.6618	0.4250	
Conflits	-0.0017	0.0020	0.3940				
Effets totaux	Taux d'émigration			Taux d'émigration			
Variations des températures	0.3656	0.3958	0.3560	0.3731	0.3869	0.3350	
Variations des précipitations	0.2373	0.3699	0.5210	0.2474	0.3587	0.4900	
Taux de diplomation	-0.2986	1.0650	0.7790	-0.5008	1.1575	0.6650	
Altitude	0.0005	0.0001	0.0010	0.0005	0.0001	0.0000	
Taux d'urbanisation	-1.5282	0.2600	0.0000	-1.5575	0.2240	0.0000	
Taux d'emploi agricole	0.0038	0.1527	0.9800	-0.1403	0.1998	0.4820	
Conflits	0.0000	0.0003	0.9800	0.1059	0.0488	0.0300	

Note : Le tableau 5.12 présente les estimations des effets directs, indirects et totaux des variations climatiques survenues pendant la grande saison agricole précédant la migration, incluant la période de plantation (mai à juillet) et de croissance (août à novembre) de la plupart des cultures. Ces périodes sont définies à partir des calendriers agricoles (Foreign Agricultural Service, United States Department of Agriculture, 2012, 2025) et ajustées à la période d'enquête. L'estimation repose sur la méthode des équations structurelles (SEM) et identifie les effets des variations climatiques sur la migration par l'intermédiaire de l'emploi agricole et des conflits. Les conflits et le taux d'émigration sont exprimés en logarithme lorsqu'ils sont variables dépendantes, afin de capturer d'éventuelles non-linéarités et d'identifier les effets indirects. Les écarts types robustes sont utilisés pour corriger l'hétéroscédasticité.

Les résultats du tableau 5.12, fondés sur les variations climatiques durant la saison *Meher* précédant la migration, diffèrent de ceux obtenus dans l'analyse générale. Ni l'emploi agricole ni les conflits n'apparaissent comme des canaux significatifs d'influence des chocs climatiques sur la migration, contrairement aux résultats précédents où les conflits jouaient un rôle déterminant.

5.3.4 Changement climatique et migration : Analyse individuelle

Dans l'étude de la migration interne, deux approches coexistent selon le niveau d'analyse. La première agrège les données à une subdivision géographique (Imbert *et al.*, 2022b; Cattaneo et Peri, 2016; Gray et Bilsborrow, 2013), tandis que la seconde opère au niveau individuel pour estimer la probabilité de migration en fonction de certains déterminants, notamment climatiques (Baez *et al.*, 2017; Sheldon et Zhan, 2022).

Nos analyses précédentes suivent la première approche, assurant une généralisabilité au niveau des zones. Toutefois, cette agrégation masque les comportements individuels et réduit la taille de l'échantillon : seules 75 zones incluent des données migratoires et 59 des données sur les conflits.

Pour évaluer la robustesse des résultats, nous complétons l'analyse par une approche désagrégée, inspirée de Chen *et al.* (2017), qui utilisent un modèle de probabilité linéaire pour étudier la migration au Bangladesh après des inondations. Ce type de modélisation est couramment mobilisé pour évaluer l'impact des variables climatiques sur la probabilité de migration (Boustan *et al.*, 2012; Quiñones *et al.*, 2023). Nous estimons ainsi l'équation 5.3.

$$M_{hj} = \theta + \alpha X_{hj} + \sum_{m=1}^5 \beta_m Clim_{mj} + \epsilon_{hj} \quad (5.3)$$

Pour estimer l'équation 5.3, nous exploitons les données de la cinquième vague (2021-2022) du Socioeconomic Survey (Central Statistics Agency of Ethiopia, 2023), qui permet de définir la migration selon l'approche de Chen *et al.* (2017). Un ménage h , localisé en un point j (par ses coordonnées géographiques), est considéré comme migrant s'il compte au moins un individu M ayant quitté le ménage pour s'installer hors de la région administrative d'origine.

Cette définition, axée sur l'émission de migrants à partir du ménage, est courante dans la littéra-

ture (Rozelle *et al.*, 1999; McCarthy *et al.*, 2009), où le ménage est reconnu comme unité décisionnelle centrale dans les choix migratoires (Mincer, 1978).

À la différence de Chen *et al.* (2017), le vecteur climatique $Clim_{mj}$ ne se limite pas aux inondations, mais inclut cinq dimensions ($m = 5$) : (i) les variations interannuelles de température, (ii) les variations de précipitations (cf. expression i), (iii) le nombre de jours secs (précipitations < 1 mm), (iv) le nombre de jours extrêmement pluvieux (précipitations > 90^e percentile), et (v) la moyenne des précipitations sur les 30 années précédant l'enquête, cette dernière étant également utilisée par Chen *et al.* (2017). Les données proviennent du jeu MERRA-2 de la NASA (Global Modeling and Assimilation Office, 2015d).

La spécification empirique contrôle pour un ensemble de caractéristiques observables au niveau du ménage, regroupées dans le vecteur X_{hj} , suivant en grande partie la méthodologie de Chen *et al.* (2017). Parmi celles-ci figurent la taille du ménage, le sexe et la religion du chef de ménage, son niveau d'instruction, ainsi que des variables contextuelles spécifiques à l'Éthiopie, telles que la distance à la route asphaltée la plus proche et la présence d'une institution bancaire dans la communauté. La liste exhaustive des variables est présentée en annexe (tableau B.7).

Le tableau 5.13 présente les estimations du modèle logit associé à l'équation 5.3. Les coefficients estimés reflètent l'effet des variables explicatives sur le logarithme des cotes (odds) qu'un ménage envoie des émigrants, indiquant ainsi le signe de la relation entre variables climatiques et migration. En revanche, les effets marginaux traduisent l'impact sur la probabilité qu'un ménage envoie au moins un émigrant. Dans ce cadre, une augmentation d'un écart type des anomalies de température est associée à une hausse statistiquement significative de cette probabilité, les coefficients étant positifs et significatifs au seuil de 1 pour cent dans toutes les spécifications. En moyenne, cette variation climatique augmente la probabilité qu'un ménage envoie au moins un émigrant de 21 points de pourcentage, avec des effets plus prononcés en milieu rural (29 points) et particulièrement en milieu urbain (86 points).

VARIABLES	Coeff. (migration en général)			Coeff. (migration par origine)		Effets marginaux		
	migration	migration	migration	migration rurale	migration urbaine	migration rurale	migration urbaine	migration
Variations des températures	2.167*** (0.728)	3.172*** (0.769)	5.706*** (1.166)	4.436*** (0.923)	15.294*** (4.716)	0.291*** (0.061)	0.856*** (0.269)	0.206*** (0.050)
Variations des précipitations	-1.531* (0.782)	-1.716** (0.838)						-0.111** (0.054)
Jours avec prec.<1mm	-0.009*** (0.003)	-0.006** (0.002)	-0.055*** (0.010)	-0.054*** (0.013)	-0.048*** (0.017)	-0.004*** (0.001)	-0.003*** (0.001)	-0.000** (0.000)
Jours avec prec.>90 percentile	0.043** (0.020)	0.070*** (0.022)	0.380*** (0.080)	0.357*** (0.105)	0.507*** (0.146)	0.023*** (0.007)	0.028*** (0.008)	0.005*** (0.001)
Prec. 30 ans	0.013 (0.041)							
Variations des températures ²			-7.740* (4.666)		-42.716** (16.762)		-2.392** (0.949)	
Variations des précipitations ²			10.155*** (2.760)	9.217*** (3.377)	14.661** (6.030)	0.604*** (0.222)	0.821** (0.341)	
Jours avec prec.<1mm ²			0.000*** (0.000)	0.000*** (0.000)	0.000*** (0.000)	0.000*** (0.000)	0.000*** (0.000)	
Jours avec prec.>90 percentile ²			-0.007*** (0.002)	-0.006*** (0.002)	-0.008*** (0.003)	-0.000*** (0.000)	-0.000*** (0.000)	
Taille du ménage		0.232*** (0.033)	0.239*** (0.033)	0.225*** (0.039)	0.269*** (0.074)	0.015*** (0.003)	0.015*** (0.004)	0.015*** (0.002)
Age du chef du ménage		0.019*** (0.005)	0.019*** (0.005)	0.021*** (0.006)		0.001*** (0.000)		0.001*** (0.000)
Chef du ménage= homme		-0.857*** (0.173)	-0.864*** (0.177)	-0.610*** (0.219)	-1.527*** (0.338)	-0.045** (0.018)	-0.097*** (0.023)	-0.064*** (0.014)
Protestant		Oui	Oui	Oui		Oui		Oui
Musulman		Oui	Oui	Oui		Oui		Oui
Autres religions		Oui	Oui	Oui		Oui		Oui
Constante	-2.081** (0.931)	-4.484*** (0.873)	-4.068*** (1.017)	-3.847*** (1.119)	-6.913*** (2.632)			
Observations	2,559	2,559	2,559	1,845	714	1,845	714	2,559
Pseudo R2	0.0694	0.136	0.155	0.158	0.197			
LR chi2	96.76	189.4	215.6	162.5	71.42			
Prob > chi2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			

Standard errors in parentheses

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

Table 5.13 – Résultats individuels : Estimation logit

Note : Le tableau 5.13 estime l'expression 5.3. La partie migration en général présente les coefficients en prenant la migration en général sans distinction d'origine. La partie migration par origine prend en compte de cette distinction. D'une part, le reste du tableau donne les effets marginaux de trois modèles principaux. L'estimation se fait par une régression logistique qui permet à la fois de reporter les coefficients estimés et les effets marginaux. Nous ne reportons pas les odd ratio. Les variations des températures et des précipitations sont mesurées comme l'écart entre la moyenne climatique de court terme et de long terme, standardisé par l'écart-type de long terme. Le nombre d'observation représente des ménages.

À l'inverse, les anomalies de précipitations réduisent la probabilité de migration. Le coefficient estimé est négatif et significatif au seuil de 5 pour cent lorsque les variables de contrôle sont incluses. L'effet marginal indique qu'une augmentation d'un écart type des anomalies de précipitations diminue la probabilité qu'un ménage envoie au moins un émigrant de 11 points de pourcentage. Toutefois, cette relation perd sa significativité avec l'introduction de termes quadratiques, suggérant une possible non-linéarité de l'effet des précipitations sur la mobilité des ménages.

Les extrêmes climatiques influencent également de manière significative la probabilité de migration. Les précipitations excédant le 90^e percentile sont associées à un effet positif, tandis que les jours secs (moins de 1 mm) exercent un effet négatif. Toutefois, les effets marginaux correspondants restent proches de zéro, suggérant un impact limité en termes d'ampleur.

En revanche, l'introduction de termes quadratiques révèle des effets plus marqués des extrêmes climatiques, en particulier lorsqu'on distingue les ménages selon leur zone d'origine.

Les variables de contrôle influencent également les décisions migratoires. La taille du ménage et l'âge du chef sont positivement corrélés à la probabilité de migration, suggérant une meilleure capacité d'anticipation ou de financement du départ. En revanche, les ménages dirigés par des hommes migrent moins que ceux dirigés par des femmes, ce qui pourrait refléter des différences de vulnérabilité ou de stratégies adaptatives liées au genre.

Les résultats du modèle logit, estimé au niveau individuel, confirment ceux obtenus à un niveau agrégé. La température reste positivement associée à la migration, tandis que les précipitations ont un effet négatif. La cohérence entre les niveaux d'analyse renforce l'hypothèse selon laquelle les chocs climatiques influencent les dynamiques migratoires, en agissant comme déclencheurs ou freins à la mobilité.

CONCLUSION

Cette étude examine l'impact du changement climatique sur la migration interne en Éthiopie, en mobilisant des données nationales (Enquête nationale sur la force de travail 2013, Enquête socio-économique panel 2022) et des observations climatiques satellitaires haute résolution de la NASA. L'approche empirique combine régressions OLS, variable instrumentale, modèle à probabilité linéaire pour les robustesses au niveau des ménages, et modélisation par équations structurelles (SEM) pour identifier les mécanismes.

Les résultats indiquent qu'une augmentation de la température accroît significativement le taux d'émigration, tandis qu'une hausse des précipitations le réduit. Ces effets persistent selon les saisons agricoles, mais sont atténués pour les chocs extrêmes. Les résultats se confirment au niveau des ménages : les chocs thermiques favorisent la migration, contrairement aux chocs pluviométriques. L'altitude favorise l'émigration, tandis que l'urbanisation et la scolarisation la freinent, suggérant un effet protecteur des opportunités locales.

La SEM révèle un canal indirect par lequel les précipitations exacerbent les conflits, qui à leur tour stimulent la migration. En revanche, le mécanisme lié à l'emploi agricole n'est pas significatif, et les chocs thermiques n'exercent pas d'effet intermédié via l'emploi agricole ou les conflits.

L'absence d'intermédiation des variations thermiques et pluviométriques par l'emploi agricole, ainsi que l'absence d'intermédiation des chocs thermiques par les conflits, suggère l'existence d'autres mécanismes. Les recherches futures pourraient les explorer à l'aide d'approches méthodologiques alternatives et dans d'autres contextes géographiques. Par ailleurs, l'analyse ne tient pas compte de l'interdépendance des flux migratoires ; les travaux ultérieurs pourraient intégrer cette dimension afin d'expliquer pourquoi certaines zones sont simultanément des zones d'émigration et d'accueil.

Les résultats suggèrent la nécessité de politiques intégrées, combinant adaptation climatique et prévention des conflits, pour encadrer efficacement les dynamiques migratoires internes dans un contexte de changement climatique.

ANNEXE A

ANNEXES AU CHAPITRE 4 : DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE

VARIABLES	Taux d'émigration (variable dépendante)		
	(1)	(2)	(3)
Pollution	-0.4648 (0.4218)	-0.7750 (0.4752)	0.3822 (0.3677)
Variations des températures		0.2058 (0.7667)	0.7178 (0.6252)
Variations des précipitations		-0.9323 (0.8536)	0.3065 (0.7083)
Altitude			0.0006*** (0.0001)
Taux d'urbanisation			-1.4773*** (0.2717)
Taux de diplomation			0.1461 (1.1258)
Observations	75	75	75
Adjusted R-squared	0.0037	0.0204	0.5763

Robust standard errors in parentheses
 *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Table A.1 – Pollution et migration

Note : Le tableau A.1 rapporte les résultats d'une estimation OLS du taux d'émigration en 2013 sur les niveaux moyens de CO₂ (en PPM) observés sur la période 2002–2013. Le taux d'émigration provient de la NLF 2013 (Central Statistical Agency of Ethiopia, 2013) et la pollution de AIRS Science Team et Teixeira (2008). L'analyse couvre 75 zones administratives.

Variables	Moyennes (Temp)		Différence (Temp)		Moyennes (Prec)		Différence (Prec)	
	< au 75 ^e per	≥ au 75 ^e per	T-stat	P-value	< au 90 ^e per	≥ au 90 ^e per	T-stat	P-value
Taux d'émigration	0.031	0.014	-2.281	0.026	0.031	0.014	1.989	0.052
Taux de femmes	0.488	0.485	-0.130	0.897	0.488	0.485	0.404	0.687
Taux d'hommes	0.512	0.515	0.130	0.897	0.512	0.515	-0.404	0.687
Taux des jeunes 15 à 35 ans	0.371	0.374	1.352	0.182	0.371	0.374	-0.229	0.819
Taux d'handicapés	0.013	0.010	-1.356	0.181	0.013	0.010	2.517	0.015
Taux de scolarité	0.060	0.049	0.217	0.829	0.060	0.049	1.543	0.128
Taux d'urbanisation	0.173	0.165	0.827	0.412	0.173	0.165	0.162	0.872
Taux d'emploi	0.973	0.963	-0.630	0.531	0.973	0.963	0.999	0.322
Total de conflits	15.067	25.679	0.919	0.364	15.067	25.679	-1.296	0.202

diff = moyenne(< au 75^e per | < au 90^e per) - moyenne(≥ au 75^e per | ≥ au 90^e per)

Ho : diff = 0 et H1 : diff != 0

Table A.2 – Test de balance selon les seuils climatiques

Note : Ce tableau A.2 présente les résultats des tests de balance des moyennes, selon des seuils de température (75^e percentile) et de précipitations (90^e percentile). Pour chaque variable, la moyenne est comparés entre les groupes définis par ces seuils climatiques. La dernière colonne indique la significativité statistique de la différence (test t). Les groupes sont catégorisés suivant les observations climatiques de 2013, puis les moyennes sont calculées avec les données du recensement de 2007 (Central Statistical Agency of Ethiopia, 2007)

VARIABLES	Variations des températures				Variations des précipitations			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Distance à l'équateur	0.5701*** (0.0537)	0.57031*** (0.05400)	0.62687*** (0.04705)	0.62881*** (0.04723)	-0.33463*** (0.06221)	-0.33464*** (0.06264)	-0.38054*** (0.05973)	-0.38324*** (0.05990)
Altitude		-0.00001 (0.00003)		0.00002 (0.00002)		0.00000 (0.00003)		-0.00003 (0.00003)
Longitude			-0.03498*** (0.00657)	-0.03639*** (0.00682)			0.02826*** (0.00834)	0.03024*** (0.00865)
Observations	75	75	75	75	75	75	75	75
Cragg-Donald Wald F statistic	112.6	111.5	177.5	177.3	28.93	28.54	40.59	40.94

Standard errors in parentheses

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

Table A.3 – Variations climatiques et distance à l'équateur (écarts types robustes)

Note : Le tableau A.3 présente la première étape d'estimation par doubles moindres carrés. Le logarithme du taux d'émigration constitue la variable dépendante. Les variations climatiques sont instrumentées par la distance à l'équateur. Les variations climatiques sont définies selon l'expression i. La distance à l'équateur est mesurée en degrés de latitude nord du fait l'Éthiopie est entièrement située dans l'hémisphère nord. Afin de capturer d'éventuelles non-linéarités, nous utilisons le logarithme de cette distance. Les écarts types non robustes sont repris entre parenthèses.

VARIABLES	Emigration	Emigration
Distance à l'équateur	0.4616 (0.3597)	0.7130 (0.5752)
Variations des températures		-0.9889 (0.9324)
Variations des précipitations		-0.9334 (0.8052)
Observations	75	75
Adjusted R-squared	0.0087	0.0034
F-statistic	1.647	1.084

Standard errors in parentheses

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

Table A.4 – Distance à l'équateur et migration

Note : Le tableau A.4 donne la régression par OLS, de l'émigration sur l'instrument, notamment, la distance des zones par rapport à l'équateur. La distance par rapport à l'équateur et l'émigration son en logarithme afin de conserver la façon dont elles ont été utilisées précédemment.

ANNEXE B

ANNEXES AU CHAPITRE 5 : EFFETS DIRECTS ET INDIRECT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LA MIGRATION INTERNE EN ÉTHIOPIE

B.1 Résultats généraux

VARIABLES	Taux d'émigration (variable dépendante)						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Variations des températures	0.331 (0.468)		-0.213 (0.786)	0.7361* (0.3908)		0.7371* (0.3843)	
Variations des précipitations		-0.731 (0.513)	-0.904 (0.854)		-0.4609 (0.5303)		-0.8971* (0.4789)
Altitude				0.0006*** (0.0002)	0.0006*** (0.0002)	0.0006*** (0.0001)	0.0010*** (0.0002)
Taux d'urbanisation				-1.4231*** (0.2367)	-1.3227*** (0.2309)	-1.4308*** (0.2188)	
Taux de diplomation				-0.0791 (1.0540)	-0.1708 (1.1481)		-4.2418*** (1.2253)
Distance avec SS, ERT				-0.0023 (0.1190)	-0.0246 (0.1385)		
Observations	75	75	75	75	75	75	75
Adjusted R-squared	-0.008	0.008	-0.004	0.5735	0.5528	0.5855	0.3731

Robust standard errors in parentheses

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

Table B.1 – Estimation par OLS (écarts-types robustes)

Note : Les estimations sont obtenues par moindres carrés ordinaires (OLS). La variable dépendante est le logarithme du taux d'émigration. Les mesures de variations climatiques sont définies conformément à l'expression i. L'échantillon comprend 75 zones éthiopiennes. SS et ERT désignent respectivement le Soudan du Sud et l'Érythrée. Les écarts-types robustes sont reportés entre parenthèses.

VARIABLES	Taux d'émigration (variable dépendante)						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Variations des températures	0.331 (0.714)		-0.213 (1.055)	0.7361 (0.4146)		0.7371 (0.4396)	
Variations des précipitations		-0.731 (0.750)	-0.904 (1.087)		-0.4609 (0.7892)		-0.8971 (0.6972)
Altitude				0.0006*** (0.0001)	0.0006*** (0.0001)	0.0006*** (0.0001)	0.0010*** (0.0001)
Taux d'urbanisation				-1.4231*** (0.2365)	-1.3227*** (0.2175)	-1.4308*** (0.2125)	
Taux de diplomation				-0.0791 (0.9866)	-0.1708 (0.7794)		-4.2418*** (0.8540)
Distance avec SS, ERT				-0.0023 (0.1025)	-0.0246 (0.1077)		
Observations	75	75	75	75	75	75	75
Adjusted R-squared	-0.008	0.008	-0.004	0.5735	0.5528	0.5855	0.3731

Robust standard errors in parentheses

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

Table B.2 – Estimation par OLS (écarts-types robustes, clusterisés)

Note : Les estimations sont obtenues par moindres carrés ordinaires (OLS). La variable dépendante est le logarithme du taux d'émigration. Les mesures de variations climatiques sont définies conformément à l'expression i. L'échantillon comprend 75 zones éthiopiennes. SS et ERT désignent respectivement le Soudan du Sud et l'Érythrée. Les écarts-types robustes, clusterisés au niveau des régions, sont reportés entre parenthèses.

VARIABLES	Taux d'émigration (variable dépendante)						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Variations des températures	0.534 (0.369)		0.024 (0.585)	0.6642** (0.2568)		0.4297* (0.2216)	
Variations des précipitations		-0.783* (0.424)	-0.761 (0.678)		-0.2949 (0.3469)		-0.6177 (0.3766)
Altitude				0.0001 (0.0002)	0.0002 (0.0002)	0.0002* (0.0001)	0.0007*** (0.0002)
Taux d'urbanisation				-1.8698*** (0.2080)	-1.8670*** (0.2238)	-1.9992*** (0.1777)	
Taux de diplomation				-1.5380 (1.1570)	-0.9843 (1.1954)		-6.1992*** (1.3976)
Distance avec SS, ERT				0.1547 (0.1027)	0.0876 (0.1193)		
Observations	75	75	75	75	75	75	75
Adjusted R-squared	0.015	0.032	0.018	0.6672	0.6387	0.6608	0.2708

Standard errors in parentheses

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

Table B.3 – Estimation par OLS : estimations pondérées

Note : Les estimations sont obtenues par moindres carrés ordinaires (OLS), pondérées par la population des zones issue du recensement de 2007. La variable dépendante est le logarithme du taux d'émigration. Les variations climatiques sont définies conformément à l'expression i. L'échantillon comprend 75 zones éthiopiennes. SS et ERT désignent le Soudan du Sud et l'Érythrée. Les écarts-types non robustes sont reportés entre parenthèses.

B.2 Les mécanismes de l'emploi agricole et des conflits

Fit statistic	Value	Description
Mécanisme de l'emploi agricole		
Size of residuals		
SRMR	0.035	Standardized root mean squared residual
CD	0.894	Coefficient of determination
Mécanisme des conflits		
Size of residuals		
SRMR	0.028	Standardized root mean squared residual
CD	0.777	Coefficient of determination

Table B.4 – Tests d'ajustement des estimations par la SEM

Note : Le tableau B.4 présente les tests d'ajustement d'estimations par la Structural Equation Modeling (SEM).

B.3 Robustesse des estimations

VARIABLES	Taux d'émigration (variable dépendante)					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Variations des températures	0.8098 (0.6315)		0.8577** (0.4004)		0.8556** (0.3989)	
Variations des précipitations		-1.3795 (1.0698)		-1.4722** (0.7335)		-1.5022* (0.8524)
Altitude			0.0006*** (0.0001)	0.0006*** (0.0001)	0.0006*** (0.0001)	0.0010*** (0.0001)
Taux d'urbanisation			-1.4310*** (0.2224)	-1.2168*** (0.2492)	-1.4413*** (0.1932)	
Taux de diplomation				-0.1170 (1.2744)	-0.8871 (1.4482)	-4.4710*** (1.3934)
Observations	75	75	75	75	75	75
R-squared	-0.0066	0.0046	0.6015	0.5462	0.6015	0.3838
F-statistic	1.600	1.619	26.23	23.03	35.47	15.04
Cragg-Donald F	112.6	28.93	111.4	28.47	113.6	27.77
Underidentification stat	45.50	21.29	46.06	21.68	46.15	21.09
Underidentification p-val	0.0000	3.95e-06	0.0000	3.22e-06	0.0000	4.39e-06
Test of endogeneity Wu-Hausman F	1.448	0.505	0.212	2.544	0.215	0.677
Test of endogeneity Wu-Hausman p-val	0.233	0.479	0.647	0.115	0.644	0.413
Test of endogeneity Durbin-Wu-Hausman chi-sq	1.479	0.523	0.229	2.667	0.230	0.718
Test of endogeneity Durbin-Wu-Hausman p-val	0.224	0.470	0.632	0.102	0.632	0.397

Standard errors in parentheses

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

Table B.5 – Estimation par IV : Autres tests d'endogénéité

Note : Le tableau B.5 présente les estimations 2SLS du logarithme du taux d'émigration, instrumenté par la distance à l'équateur. Les chocs climatiques sont définis selon l'expression i. Les écarts-types ne sont pas robustes, afin de permettre le calcul des tests d'endogénéité.

VARIABLES	Taux d'émigration (variable dépendante)					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Variations des températures	1.4051*** (0.4804)		0.9679*** (0.3261)		0.6411** (0.2696)	
Variations des précipitations		-1.9153*** (0.6621)		-1.7359*** (0.6184)		-1.8868*** (0.7267)
Altitude			0.0001 (0.0002)	-0.0001 (0.0002)	0.0002 (0.0001)	0.0005** (0.0003)
Taux d'urbanisation			-1.8481*** (0.1856)	-1.6215*** (0.2301)	-2.0045*** (0.1978)	
Taux de diplomation			-1.8989* (1.1513)	-2.1357* (1.2746)		-6.2988*** (1.2911)
Distance avec SS, ERT			0.2144* (0.1210)	0.3970** (0.1814)		
Observations	75	75	75	75	75	75
R-squared	-0.0464	-0.0487	0.6833	0.5788	0.6704	0.1884
F-statistic	8.327	8.144	32.77	34.90	45.15	13.34
Kleibergen-Paap rk Wald F	116.8	27.82	49.59	17.42	109.4	28.72
Cragg-Donald Wald F	64.15	37.42	48.66	19.03	69.98	36.08
Underidentification stat	24.43	14.63	16.60	13.75	25.04	15.30
Underidentification p-val	7.72e-07	0.000131	4.62e-05	0.000209	5.62e-07	9.18e-05
Endogeneity test stat	3.126	3.588	0.753	6.421	0.717	5.435
Endogeneity p-val	0.0770	0.0582	0.386	0.0113	0.397	0.0197

Robust standard errors in parentheses

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

Table B.6 – Estimations par variables instrumentales (pondérées)

Note : Le tableau B.6 présente les estimations 2SLS du logarithme du taux d'émigration, instrumentant les variations climatiques par la distance à l'équateur, et rapporte les tests de validité de l'instrument et d'endogénéité. Les estimations sont pondérées par la population des zones (recensement 2007). SS et ERT désignent le Soudan du Sud et l'Érythrée.

Table B.7 – Statistiques descriptives ESS 2021

N	2,536
Migration	
Ménages sans migrants	2,337 (92.2%)
Ménages avec migrants	199 (7.8%)
Origine	
Urbaine	689 (27.2%)
Rurale	1,847 (72.8%)
Sexe du chef de ménage	
Femme	687 (27.1%)
Homme	1,849 (72.9%)
Religion du chef de ménage	
Orthodoxe	751 (29.6%)
Protestant	496 (19.6%)
Musulman	1,247 (49.2%)
Autres	42 (1.7%)
Ménage en sécurité alimentaire	
Non	1,279 (50.4%)
Oui	1,257 (49.6%)
Banque dans la communauté	
Non	2,001 (78.9%)
Oui	535 (21.1%)
Taille du ménage	4.987 (2.483)
Nombre d'homme dans le ménage	2.483 (1.616)
Nombre des femmes dans le ménage	2.504 (1.516)
Age moyen du ménage	26.147 (11.519)
Age du chef de ménage	45.285 (14.722)
Distance à une route asphaltée	29.549 (56.314)
Distance à un centre urbain	69.522 (107.550)
Variations des températures	0.105 (0.139)
Variations des précipitations	-0.046 (0.187)

Suite sur la page suivante

Suite du tableau B.7

N	2,536
Jours avec Précipitations < 1mm	209.256 (67.185)
Jours avec Précipitations > 90 percentile	19.069 (9.294)
Précipitations moyenne, 30 ans	5.254 (3.609)

Note : Statistiques descriptives et variables de contrôle utilisées dans l'analyse individuelle. Les écarts-types ou proportions sont reportés entre parenthèses. Les données proviennent de la Socioeconomic Survey 2021-2022 (Central Statistics Agency of Ethiopia , 2023).

VARIABLES	(b) Fixed effects	(B) Random effects	(b-B) Difference	sqrt(diag(V_b-V_B)) S.E.
Variations des températures	-3.8530	-3.8147	-0.0383	0.1133
Variations des précipitations	5.0521	4.5471	0.5050	0.3183
$chi2(2) = (b - B)' [(V_b - V_B)^{-1}] (b - B)$				2.74
<i>Prob>chi2</i>				0.2545
b = consistent under Ho and Ha ; obtained from xtreg				
B = inconsistent under Ha, efficient under Ho ; obtained from xtreg				
Test : Ho : difference in coefficients not systematic				

Table B.8 – Premier test de spécification de Hausman : Choix entre effets spécifiques fixes ou aléatoires

Note : Le tableau B.8 présente le test de Hausman qui détermine la nature des effets spécifiques dans l'équation 5.2. Le nombre d'individus émigrés constitue la variable dépendante.

VARIABLES	(b) Fixed effects	(B) Random effects	(b-B) Difference	sqrt(diag(V_b-V_B)) S.E.
Variations des températures	-0.2310803	-0.1945001	-0.03658	0.011831
Variations des précipitations	-0.0506602	-0.0895376	0.038877	0.0386592
chi2(2) = (b-B)'[(V_b-V_B) ⁻¹](b-B)				11.12
Prob>chi2				0.0038

b = consistent under Ho and Ha ; obtained from xtreg

B = inconsistent under Ha, efficient under Ho ; obtained from xtreg

Test : Ho : difference in coefficients not systematic

Table B.9 – Deuxième test de spécification de Hausman : Choix entre effets spécifiques fixes ou aléatoires

Note : Le tableau B.9 présente le test de Hausman qui détermine la nature des effets spécifiques dans l'équation 5.2 en prenant le logarithme du taux d'émigration comme variable dépendante.

VARIABLES	OLS log(émigration)	RE log(émigration)	FE(1) log(émigration)	FE(2) log(émigration)	FE(3) log(émigration)	FE(4) log(émigration)
Variations des températures	0.051 (0.203)	-0.195 (0.149)	-0.231 (0.149)	0.169 (0.248)	0.317 (0.418)	
Variations des précipitations	-0.226 (0.255)	-0.090 (0.209)	-0.051 (0.212)	0.384 (0.246)	0.414 (0.276)	
Variations des températures*L1				-0.452** (0.222)	-0.453** (0.222)	
Variations des températures*L2				-0.491*** (0.180)	-0.470** (0.188)	
Variations des précipitations*L1				-0.165 (0.262)	-0.196 (0.270)	
Variations des températures ²					-0.356 (0.873)	
Variations des précipitations ²					-0.270 (0.731)	
Chocs des températures AR(1)						1.273*** (0.374)
Chocs des températures AR(2)						-1.154*** (0.377)
Chocs des précipitations AR(1)						0.199* (0.116)
Chocs des précipitations AR(2)						-0.176 (0.116)
Observations	746	746	746	541	541	541
R-squared	0.001		0.004	0.047	0.048	0.031
F-statistic	0.487		1.196	4.516	3.263	3.681
Prob > F	0.471		0.0108	0.000500	0.00220	0.00580
Wald chi2		1.742				
Prob > chi2		0.418				

Standard errors in parentheses

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

Table B.10 – Chocs, variations climatiques et taux d'émigration : Retards, effets spécifiques et termes quadratiques

Note : Le tableau B.10 présente les résultats de l'estimation de l'équation 5.2. Les colonnes (1) et (2) reportent respectivement les résultats issus des estimations OLS et à effets aléatoires. Les colonnes FE(1) à RE(4) affichent les résultats du modèle à effets fixes, retenu à la suite du test de Hausman. Les notations L1 et L2 désignent les retards d'ordre 1 et 2 des variables climatiques. L'exposant carré (²) indique les termes quadratiques, tandis que AR(1) et AR(2) renvoient aux composantes issues de processus autorégressifs d'ordre 1 et 2. Le logarithme du taux d'émigration constitue la variable dépendante.

VARIABLES	Premier test			Deuxième test		
	Coef.	Std. Err.	P>z	Coef.	Std. Err.	P>z
_hat	1.628	0.252	0.000	1.184	0.222	0.000
_hatsq	0.137	0.050	0.006	0.043	0.049	0.372
_cons	0.579	0.291	0.047	0.146	0.241	0.545
Number of obs	2559			2559		
LR chi2(2)	196.210			216.400		
Prob > chi2	0.000			0.000		
Pseudo R2	0.141			0.155		

Régression logistique : migration (linktest)

Table B.11 – Test de spécification (logit)

Note : Le tableau B.11 présente un test de spécification pour le modèle logistique estimé dans le tableau 5.13. Le premier test est fait avant d'introduire les termes quadratiques dans le modèle. De ce fait, les termes quadratiques permettent d'améliorer la spécification du modèle, représenté dans le deuxième test, fait après leurs pris en compte. Nous utilisons "linktest" pour tester la spécification de notre modèle logistique. Linktest dans ce contexte vérifie si la forme logistique est correctement spécifiée. Dans ce test, la variable `_hat` représente les valeurs prédites $P(y = 1 | X)$ issues du modèle initial, c'est-à-dire la probabilité estimée de la migration conditionnellement aux variables climatiques et aux variables de contrôle. La variable `_hatsq` correspond au carré de ces valeurs prédictives. Si `_hat` est significatif, cela confirme que le modèle contient une information pertinente. En revanche, si `_hatsq` est également significatif, cela indique qu'il reste une partie de la relation non capturée par le modèle, suggérant une mauvaise spécification (par exemple, une omission de termes non linéaires ou d'interactions). Après l'échec du premier test, nous introduisons des termes quadratiques des variables climatiques dans le modèle afin de considérer les effets non linéaires des variables climatiques sur la migration.

BIBLIOGRAPHIE

- ACLED (2019). ACLED Codebook, 2019. <https://www.acleddata.com>. Armed Conflict Location & Event Data Project (ACLED).
- Adger, W. N., Arnell, N. W., Black, R., Dercon, S., Geddes, A. et Thomas, D. S. G. (2015). Focus on environmental risks and migration : causes and consequences. *Environmental Research Letters*, 10(6), 060201. <http://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/10/6/060201>. Récupéré de <https://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/10/6/060201>
- African Development Bank (2024). Country focus report 2024 - ethiopia : Driving ethiopia's transformation and the reform of the global financial architecture. Récupéré de <https://www.afdb.org>
- AIRS Science Team et Teixeira, J. (2008). Airs/aqua l3 monthly co₂ in the free troposphere (airs+amsu) 2.5° x 2° v005. Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center (GES DISC), Greenbelt, MD, USA. Accessed : [2025-07-24], <http://dx.doi.org/10.5067/Aqua/AIRS/DATA339>. Récupéré de <https://doi.org/10.5067/Aqua/AIRS/DATA339>
- Backhaus, A., Martinez-Zarzoso, I. et Muris, C. (2015). Do climate variations explain bilateral migration ? a gravity model analysis. *iza j. migr.* 4, 1-15. <http://dx.doi.org/https://doi.org/10.1186/s40176-014-0026-3>
- Baez, J., Caruso, G., Mueller, V. et Niu, C. (2017). Heat exposure and youth migration in central america and the caribbean. *American Economic Review*, 107(5), 446-50. <http://dx.doi.org/10.1257/aer.p20171053>. Récupéré de <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/aer.p20171053>
- Bai, Z., Zhang, N., Winiwarter, W., Luo, J., Chang, J., Smith, P., Ledgard, S., Wu, Y., Hong, C., Conchedda, G. et Ma, L. (2024). Decline in carbon emission intensity of global agriculture has stagnated recently. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 121(34), e2317725121. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.2317725121>. Récupéré de <https://www.pnas.org/doi/abs/10.1073/pnas.2317725121>
- Barbieri, A. F., Domingues, E., Queiroz, B. L., Ruiz, R. M., Rigotti, J. I., Carvalho, J. A. M. et Resende, M. F. (2010). Climate change and population migration in brazil's northeast : scenarios for 2025-2050. *Population and Environment*, 31(5), 344-370. Récupéré le 2025-01-18 de <http://www.jstor.org/stable/40666603>
- Bezabih, M., Gebreegziabher, Z., GrebreMedhin, L. et Köhlin, G. (2010). *Participation in Off-Farm Employment, Rainfall Patterns, and Rate of Time Preferences : The Case of Ethiopia*. Rapport technique, Environment for Development Initiative

- Black, R., Adger, W. N., Arnell, N. W., Dercon, S., Geddes, A. et Thomas, D. (2011). The effect of environmental change on human migration. *Global Environmental Change*, 21, S3-S11. Migration and Global Environmental Change – Review of Drivers of Migration, <http://dx.doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.10.001>. Récupéré de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378011001531>
- Bohra-Mishra, P., Oppenheimer, M., Cai, R. et al. (2017). Climate variability and migration in the philippines. *Population and Environment*, 38, 286-308. <http://dx.doi.org/10.1007/s11111-016-0263-x>. Récupéré de <https://doi.org/10.1007/s11111-016-0263-x>
- Bohra-Mishra, P., Oppenheimer, M. et Hsiang, S. M. (2014). Nonlinear permanent migration response to climatic variations but minimal response to disasters. *Proceedings of the national academy of sciences*, 111(27), 9780-9785. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1317166111>
- Bollen, K. A. (1989). *Structural Equations with Latent Variables*, volume 210. John Wiley & Sons. See Chapter 3, p. 46-48. DOI : <https://doi.org/10.1002/9781118619179.ch3>.
- Bonebrake, T. C. et Mastrandrea, M. D. (2010). Tolerance adaptation and precipitation changes complicate latitudinal patterns of climate change impacts. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(28), 12581-12586. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0911841107>. Récupéré de <https://www.pnas.org/doi/abs/10.1073/pnas.0911841107>
- Borjas, G. J. (1987). Self-Selection and the Earnings of Immigrants. *American Economic Review*, 77(4), 531-553. Récupéré de <https://ideas.repec.org/a/aea/aecrev/v77y1987i4p531-53.html>
- Boustan, L. P., Fishback, P. V. et Kantor, S. (2010). The effect of internal migration on local labor markets : American cities during the great depression. *Journal of Labor Economics*, 28(4), 719-746. Récupéré le 2025-02-17 de <http://www.jstor.org/stable/10.1086/653488>
- Boustan, L. P., Kahn, M. E. et Rhode, P. W. (2012). Moving to higher ground : Migration response to natural disasters in the early twentieth century. *American Economic Review*, 102(3), 238-44. <http://dx.doi.org/10.1257/aer.102.3.238>. Récupéré de <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/aer.102.3.238>
- Boustan, L. P., Kahn, M. E., Rhode, P. W. et Yanguas, M. L. (2020). The effect of natural disasters on economic activity in us counties : A century of data. *Journal of Urban Economics*, 118, 103257. <http://dx.doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jue.2020.103257>.

- Récupéré de
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0094119020300280>
- Bryan, G., Chowdhury, S. et Mobarak, A. M. (2014). Underinvestment in a profitable technology : The case of seasonal migration in bangladesh. *Econometrica*, 82(5), 1671-1748.
<http://dx.doi.org/https://doi.org/10.3982/ECTA10489>
- Bundervoet, T. (2020). *Internal Migration in Ethiopia : Evidence from a Quantitative and Qualitative Research Study*. Washington, D.C. : World Bank Group. Récupéré de
<http://documents.worldbank.org/curated/en/428111562239161418>
- Burke, M. B., Miguel, E., Satyanath, S., Dykema, J. A. et Lobell, D. B. (2009). Warming increases the risk of civil war in africa. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(49), 20670-20674. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0907998106>. Récupéré de
<https://www.pnas.org/doi/abs/10.1073/pnas.0907998106>
- Burzyński, M., Deuster, C., Docquier, F. et de Melo, J. (2021). Climate change, inequality, and human migration. *Journal of the European Economic Association*, 20(3), 1145-1197.
<http://dx.doi.org/10.1093/jeea/jvab054>. Récupéré de
<https://doi.org/10.1093/jeea/jvab054>
- Cattaneo, C. et Peri, G. (2016). The migration response to increasing temperatures. *Journal of Development Economics*, 122, 127-146.
<http://dx.doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2016.05.004>.
Récupéré de
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304387816300372>
- Central Statistical Agency of Ethiopia (2007). 2007 population and housing census of ethiopia. Conducted by the Federal Democratic Republic of Ethiopia, Population Census Commission. Data accessible via IPUMS :
<https://international.ipums.org/international/index.shtml>.
- Central Statistical Agency of Ethiopia (2013). National labor force survey 2013.
- Central Statistics Agency of Ethiopia (2023). Socio-economic panel survey 2021-2022 wave 5.
- Chen, J. et Roth, J. (2023). Logs with zeros? some problems and solutions*. *The Quarterly Journal of Economics*, 139(2), 891-936. <http://dx.doi.org/10.1093/qje/qjad054>.
Récupéré de <https://doi.org/10.1093/qje/qjad054>
- Chen, J. J., Mueller, V., Jia, Y. et Tseng, S. K.-H. (2017). Validating migration responses to flooding using satellite and vital registration data. *American Economic Review*, 107(5), 441-45.
<http://dx.doi.org/10.1257/aer.p20171052>. Récupéré de
<https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/aer.p20171052>

- Chen, Y. et Rosenthal, S. S. (2008). Local amenities and life-cycle migration : Do people move for jobs or fun ? *Journal of Urban Economics*, 64(3), 519–537.
<http://dx.doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jue.2008.05.005>. Récupéré de
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0094119008000569>
- Cohen, J. E. et Small, C. (1998). Hypsographic demography : The distribution of human population by altitude. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 95(24), 14009–14014. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.95.24.14009>. Récupéré de
<https://www.pnas.org/doi/abs/10.1073/pnas.95.24.14009>
- Crippa, M., Guizzardi, D., Pagani, F., Banja, M., Muntean, M., Schaaf, E., Becker, W., Monforti-Ferrario, F., Quadrelli, R., Risquez Martin, A., Taghavi-Moharamli, P., Köykkä, J., Grassi, G., Rossi, S., Brandao De Melo, J., Oom, D., Branco, A., San-Miguel, J. et Vignati, E. (2023). *GHG emissions of all world countries*. Rapport technique JRC134504, Publications Office of the European Union, Luxembourg. Link :
<https://data.europa.eu/doi/10.2760/953322>.
- Dai, P., Nie, J., Yu, Y. et Wu, R. (2024). Constraints on regional projections of mean and extreme precipitation under warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 121(11), e2312400121. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.2312400121>. Récupéré de
<https://www.pnas.org/doi/abs/10.1073/pnas.2312400121>
- Dalle, D., Gecho, Y. et Bedeke, S. B. (2023). Spatiotemporal variability and trends in rainfall and temperature in south ethiopia : Implications for climate change adaptations in rural communities. *Advances in Meteorology*.
<http://dx.doi.org/10.1155/2023/1939528>. Récupéré de
<https://doi.org/10.1155/2023/1939528>
- Dallmann, I. et Millock, K. (2017). Climate variability and inter-state migration in india. *CESifo Economic Studies*, 63(4), 560–594. <http://dx.doi.org/10.1093/cesifo/ifx014>.
Récupéré de <https://doi.org/10.1093/cesifo/ifx014>
- De Longueville, F., Zhu, Y. et Henry, S. (2019). Direct and indirect impacts of environmental factors on migration in burkina faso : application of structural equation modelling. *Population and Environment*, 40, 456–479.
<http://dx.doi.org/https://doi.org/10.1007/s11111-019-00320-x>
- Delacrétaz, N., Lanz, B., Delju, A. H., Piguet, E. et Rebetez, M. (2023). Impacts of rainfall shocks on out-migration are moderated more by per capita income than by agricultural output in türkiye. *Population and environment*, 45(3), 12.
<http://dx.doi.org/https://doi.org/10.1007/s11111-023-00423-6>

- Dell, M., Jones, B. F. et Olken, B. A. (2014). What do we learn from the weather ? the new climate-economy literature. *Journal of Economic Literature*, 52(3), 740–98.
<http://dx.doi.org/10.1257/jel.52.3.740>. Récupéré de
<https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/jel.52.3.740>
- Deschênes, O. et Moretti, E. (2009). Extreme Weather Events, Mortality, and Migration. *The Review of Economics and Statistics*, 91(4), 659–681.
<http://dx.doi.org/10.1162/rest.91.4.659>. Récupéré de
<https://doi.org/10.1162/rest.91.4.659>
- Desmet, K. et Rossi-Hansberg, E. (2015). On the spatial economic impact of global warming. *Journal of Urban Economics*, 88, 16–37.
<http://dx.doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jue.2015.04.004>. Récupéré de
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0094119015000339>
- Diffenbaugh, N. S., Singh, D., Mankin, J. S., Horton, D. E., Swain, D. L., Touma, D., Charland, A., Liu, Y., Haugen, M., Tsiang, M. et Rajaratnam, B. (2017). Quantifying the influence of global warming on unprecedented extreme climate events. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(19), 4881–4886.
<http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1618082114>. Récupéré de
<https://www.pnas.org/doi/abs/10.1073/pnas.1618082114>
- Dillon, A., Mueller, V. et Salau, S. (2011). Migratory responses to agricultural risk in northern nigeria. *American Journal of Agricultural Economics*, 93(4), 1048–1061.
<http://dx.doi.org/https://doi.org/10.1093/ajae/aar033>. Récupéré le
2024-10-29 de <http://www.jstor.org/stable/41240381>
- Dinku, T., Block, P., Sharoff, J., Hailemariam, K., Osgood, D., del Corral, J., Cousin, R. et Thomson, M. C. (2014). Bridging critical gaps in climate services and applications in africa. *Earth Perspectives*, 1(1), 15.
<http://dx.doi.org/https://doi.org/10.1186/2194-6434-1-15>
- Doleac, J. L. et Hansen, B. (2017). Moving to job opportunities ? the effect of "ban the box" on the composition of cities. *American Economic Review*, 107(5), 556–59.
<http://dx.doi.org/10.1257/aer.p20171002>. Récupéré de
<https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/aer.p20171002>
- Donohoe, A., Marshall, J., Ferreira, D. et Mcgee, D. (2013). The relationship between itcz location and cross-equatorial atmospheric heat transport : From the seasonal cycle to the last glacial maximum. *Journal of Climate*, 26(11), 3597 – 3618.
<http://dx.doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00467.1>. Récupéré de <https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/26/11/jcli-d-12-00467.1.xml>

- Esri Africa and Africa GeoPortal (2021). Africa countries layer. Feature Layer available on Africa GeoPortal. Récupéré de <https://hub.arcgis.com/datasets/africa::africa-countries/about>
- Etana, D., Snelder, D. J., van Wesenbeeck, C. F. et Buning, T. D. C. (2022). Climate change, in-situ adaptation, and migration decisions of smallholder farmers in central ethiopia. *Migration and Development*, 11(3), 737–761. <http://dx.doi.org/10.1080/21632324.2020.1827538>. Récupéré de <https://doi.org/10.1080/21632324.2020.1827538>
- Ethiopian Public Health Institute (EPHI) [Ethiopia] et ICF (2021). *Ethiopia Mini Demographic and Health Survey 2019 : Final Report*. Rapport technique, Ethiopian Public Health Institute (EPHI) and ICF, Rockville, Maryland, USA. Consulté le 14 août 2025
- Feng, S., Krueger, A. B. et Oppenheimer, M. (2010). Linkages among climate change, crop yields and mexico-us cross-border migration. *Proceedings of the national academy of sciences*, 107(32), 14257–14262. <http://dx.doi.org/https://doi.org/10.1073/pnas.1002632107>
- Feng, X., Liu, C., Xie, F., Lu, J., Chiu, L. S., Tintera, G. et Chen, B. (2019). Precipitation characteristic changes due to global warming in a high-resolution (16 km) ecmwf simulation. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 145(718), 303–317. <http://dx.doi.org/https://doi.org/10.1002/qj.3432>
- Foreign Agricultural Service, United States Department of Agriculture (2012). Grain and feed annual : Ethiopia. Accessed via USDA Gain Report.
- Foreign Agricultural Service, United States Department of Agriculture (2025). Crop calendars for east africa. International Production Assessment Division (IPAD), USDA. Accessed : April 26, 2025. Récupéré de https://ipad.fas.usda.gov/rssiws/al/crop_calendar/eafrica.aspx
- Frankel, J. A. et Romer, D. H. (1999). Does trade cause growth ? *American Economic Review*, 89(3), 379–399. <http://dx.doi.org/10.1257/aer.89.3.379>. Récupéré de <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/aer.89.3.379>
- Gebreegziabher, Z., Stage, J., Mekonnen, A. et Alemu, A. (2016). Climate change and the ethiopian economy : a cge analysis. *Environment and Development Economics*, 21(2), 205–225. <http://dx.doi.org/10.1017/S1355770X15000170>
- Geng, T., Jia, F., Cai, W., Wu, L., Gan, B., Jing, Z., Li, S. et McPhaden, M. J. (2023). Increased occurrences of consecutive la niña events under global warming. *Nature*, 619(7971), 774–781. <http://dx.doi.org/https://doi.org/10.1038/s41586-023-06236-9>

- Global Modeling and Assimilation Office (2015a). MERRA-2 statM_2d_slv_Nx : 2d, Monthly, Aggregated Statistics, Single-Level, Assimilation, Single-Level Diagnostics V5.12.4. Accessed : [January 5, 2025], <http://dx.doi.org/10.5067/KVIM0MCU083U>
- Global Modeling and Assimilation Office (2015b). Merra-2 tavgm_2d_flux_nx : 2d, monthly mean, time-averaged, single-level, assimilation, surface flux diagnostics v5.12.4. <https://doi.org/10.5067/0JRLVL8YV2Y4>. Accessed on [November 12, 2024].
- Global Modeling and Assimilation Office (2015c). MERRA-2 tavgM_2d_flux_Nx : 2d, Monthly mean, Time-Averaged, Single-Level, Assimilation, Surface Flux Diagnostics V5.12.4. Accessed : [January 5, 2025], <http://dx.doi.org/10.5067/0JRLVL8YV2Y4>
- Global Modeling and Assimilation Office (2015d). Merra-2 tavgm_2d_flux_nx : 2d, monthly mean, time-averaged, single-level, assimilation, surface flux diagnostics v5.12.4. Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center (GES DISC), Greenbelt, MD, USA. Accessed : [April 25, 2025], <http://dx.doi.org/10.5067/0JRLVL8YV2Y4>. Récupéré de <https://doi.org/10.5067/0JRLVL8YV2Y4>
- González-Pinilla, F. J., Latorre, C., Rojas, M., Houston, J., Rocuant, M. I., Maldonado, A., Santoro, C. M., Quade, J. et Betancourt, J. L. (2021). High- and low-latitude forcings drive atacama desert rainfall variations over the past 16,000 years. *Science Advances*, 7(38), eabg1333. <http://dx.doi.org/10.1126/sciadv.abg1333>. Récupéré de <https://www.science.org/doi/abs/10.1126/sciadv.abg1333>
- Gray, C. et Bilsborrow, R. (2013). Environmental influences on human migration in rural ecuador. *Demography*, 50(4), 1217–1241. Récupéré le 2025-05-29 de <http://www.jstor.org/stable/42920552>
- Gray, C. et Mueller, V. (2012). Drought and population mobility in rural ethiopia. *World Development*, 40(1), 134–145. <http://dx.doi.org/https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2011.05.023>. Récupéré de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305750X11001537>
- Guiteras, R., Jina, A. et Mobarak, A. M. (2015). Satellites, self-reports, and submersion : Exposure to floods in bangladesh. *American Economic Review*, 105(5), 232–36. <http://dx.doi.org/10.1257/aer.p20151095>. Récupéré de <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/aer.p20151095>
- Hall, R. E. et Jones, C. I. (1999). Why do some countries produce so much more output per worker than others?*. *The Quarterly Journal of Economics*, 114(1), 83–116. <http://dx.doi.org/10.1162/003355399555954>. Récupéré de <https://doi.org/10.1162/003355399555954>

- Harris, J. R. et Todaro, M. P. (1970). Migration, unemployment and development : A two-sector analysis. *The American Economic Review*, 60(1), 126-142. Récupéré le 2024-11-17 de <http://www.jstor.org/stable/1807860>
- Hausman, J. A. (1978). Specification tests in econometrics. *Econometrica*, 46(6), 1251-1271. Récupéré le 2025-05-28 de <http://www.jstor.org/stable/1913827>
- Hoffmann, R., Dimitrova, A., Muttarak, R., Cuaresma, J. C. et Peisker, J. (2020). A meta-analysis of country-level studies on environmental change and migration. *Nature Climate Change*, 10, 904-912. <http://dx.doi.org/10.1038/s41558-020-0898-6>. Récupéré de <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0898-6>
- Hsiang, S. M., Burke, M. et Miguel, E. (2013). Quantifying the influence of climate on human conflict. *Science*, 341(6151), 1235367. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1235367>. Récupéré de <https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.1235367>
- Hsiang, S. M., Meng, K. C. et Cane, M. A. (2011). Civil conflicts are associated with the global climate. *Nature*, 476(7361), 438-441. <http://dx.doi.org/https://doi.org/10.1038/nature10311>
- Huckstep, S. et Clemens, M. (2023). Climate change and migration : An omnibus overview for policymakers and development practitioners. *Policy Papers*, (292).
- Imbert, C., Seror, M., Zhang, Y. et Zylberberg, Y. (2022a). Migrants and firms : Evidence from china. Working paper, unpublished manuscript. First draft : June 2016 ; This draft : March 2019.
- Imbert, C., Seror, M., Zhang, Y. et Zylberberg, Y. (2022b). Migrants and firms : Evidence from china. *American Economic Review*, 112(6), 1885-1914. <http://dx.doi.org/10.1257/aer.20191234>. Récupéré de <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/aer.20191234>
- IPCC (2023). *Summary for Policymakers. In : Climate Change 2023 : Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Rapport technique, Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, Switzerland
- IPUMS International (2025). Year-specific second-level geography. https://international.ipums.org/international/gis_yrspecific_2nd.shtml. Accessed : January 6, 2025. Data includes year-specific boundaries for second-level geography in Ethiopia.

- Jackson, M. S., Kelly, M. A., Russell, J. M., Doughty, A. M., Howley, J. A., Chipman, J. W., Cavagnaro, D., Nakileza, B. et Zimmerman, S. R. H. (2019). High-latitude warming initiated the onset of the last deglaciation in the tropics. *Science Advances*, 5(12), eaaw2610. <http://dx.doi.org/10.1126/sciadv.aaw2610>. Récupéré de <https://www.science.org/doi/abs/10.1126/sciadv.aaw2610>
- Jia, N., Molloy, R., Smith, C. et Wozniak, A. (2023). The economics of internal migration : Advances and policy questions. *Journal of Economic Literature*, 61(1), 144–80. <http://dx.doi.org/10.1257/jel.20211623>. Récupéré de <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/jel.20211623>
- Jones, P. D., New, M., Parker, D. E., Martin, S. et Rigor, I. G. (1999). Surface air temperature and its changes over the past 150 years. *Reviews of Geophysics*, 37(2), 173–199. <http://dx.doi.org/https://doi.org/10.1029/1999RG900002>DigitalObjectIdentifier(DOI)
- Juliane, G., Kathleen, H., Charlotte, W., Endeshaw, K. et Jule, T. (2021). Investigating environment-related migration processes in ethiopia – a participatory bayesian network. *Ecosystems and People*, 17(1), 128–147. <http://dx.doi.org/10.1080/26395916.2021.1895888>. Récupéré de <https://doi.org/10.1080/26395916.2021.1895888>
- Kalkuhl, M. et Wenz, L. (2020). The impact of climate conditions on economic production. evidence from a global panel of regions. *Journal of Environmental Economics and Management*, 103, 102360. <http://dx.doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jeem.2020.102360>. Récupéré de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0095069620300838>
- Kavi Kumar, K. S. et Viswanathan, B. (2013). Influence of weather on temporary and permanent migration in rural india. *Climate Change Economics*, 04(02), 1350007. <http://dx.doi.org/10.1142/S2010007813500073>. Récupéré de <https://doi.org/10.1142/S2010007813500073>
- Kleemans, M. et Magruder, J. (2017). Labour market responses to immigration : Evidence from internal migration driven by weather shocks. *The Economic Journal*, 128(613), 2032–2065. <http://dx.doi.org/10.1111/ecoj.12510>. Récupéré de <https://doi.org/10.1111/ecoj.12510>
- Lagakos, D. (2020). Urban-rural gaps in the developing world : Does internal migration offer opportunities? *Journal of Economic Perspectives*, 34(3), 174–92. <http://dx.doi.org/10.1257/jep.34.3.174>. Récupéré de <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/jep.34.3.174>

- Lagakos, D., Mobarak, A. M. et Waugh, M. E. (2023). The welfare effects of encouraging rural-urban migration. *Econometrica*, 91(3), 803-837.
<http://dx.doi.org/https://doi.org/10.3982/ECTA15962>
- Lucas, R. E. B. (1987). Emigration to south africa's mines. *The American Economic Review*, 77(3), 313-330. Récupéré le 2024-10-29 de <http://www.jstor.org/stable/1804097>
- Manabe, S., Ploshay, J. et Lau, N.-C. (2011). Seasonal variation of surface temperature change during the last several decades. *Journal of Climate*, 24(15), 3817 - 3821.
<http://dx.doi.org/10.1175/JCLI-D-11-00129.1>. Récupéré de <https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/24/15/jcli-d-11-00129.1.xml>
- Marchiori, L., Maystadt, J.-F. et Schumacher, I. (2012). The impact of weather anomalies on migration in sub-saharan africa. *Journal of Environmental Economics and Management*, 63(3), 355-374.
<http://dx.doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jeem.2012.02.001>. Récupéré de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0095069612000150>
- Mastrorillo, M., Licker, R., Bohra-Mishra, P., Fagiolo, G., D. Estes, L. et Oppenheimer, M. (2016). The influence of climate variability on internal migration flows in south africa. *Global Environmental Change*, 39, 155-169.
<http://dx.doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.04.014>. Récupéré de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378016300589>
- Maystadt, J.-F. et Ecker, O. (2014). Extreme weather and civil war : Does drought fuel conflict in somalia through livestock price shocks ? *American Journal of Agricultural Economics*, 96(4), 1157-1182. <http://dx.doi.org/https://doi.org/10.1093/ajae/aau010>
- McArthur, J. W. et McCord, G. C. (2017). Fertilizing growth : Agricultural inputs and their effects in economic development. *Journal of Development Economics*, 127, 133-152.
<http://dx.doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2017.02.007>. Récupéré de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304387817300172>
- McCarthy, N., Carletto, C., Kilic, T. et Davis, B. (2009). Assessing the impact of massive out-migration on albanian agriculture. *The European Journal of Development Research*, 21(3), 448-470. <http://dx.doi.org/https://doi.org/10.1057/ejdr.2009.12>
- Millock, K. (2015). Migration and environment. *Annual Review of Resource Economics*, 7, 35-60.
<http://dx.doi.org/10.1146/annurev-resource-100814-125031>. Récupéré de <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-100814-125031>

Mincer, J. (1978). Family migration decisions. *Journal of Political Economy*, 86(5), 749–773.
Récupéré le 2025-05-27 de <http://www.jstor.org/stable/1828408>

Molloy, R., Smith, C. L. et Wozniak, A. (2011). Internal migration in the united states. *Journal of Economic Perspectives*, 25(3), 173–96. <http://dx.doi.org/10.1257/jep.25.3.173>.
Récupéré de <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/jep.25.3.173>

Moore, W. H. et Shellman, S. M. (2004). Fear of persecution : Forced migration, 1952-1995. *Journal of Conflict Resolution*, 48(5), 723–745.
<http://dx.doi.org/10.1177/0022002704267767>. Récupéré de
<https://doi.org/10.1177/0022002704267767>

Morrissey, J. W. (2013). Understanding the relationship between environmental change and migration : The development of an effects framework based on the case of northern ethiopia. *Global Environmental Change*, 23(6), 1501–1510.
<http://dx.doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.07.021>.
Récupéré de
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378013001271>

Mueller, V., Gray, C. et Kosec, K. (2014). Heat stress increases long-term human migration in rural pakistan. *Nature climate change*, 4(3), 182–185.
<http://dx.doi.org/https://doi.org/10.1038/nclimate2103>

Munshi, K. (2003). Networks in the Modern Economy : Mexican Migrants in the U. S. Labor Market*. *The Quarterly Journal of Economics*, 118(2), 549–599.
<http://dx.doi.org/10.1162/003355303321675455>. Récupéré de
<https://doi.org/10.1162/003355303321675455>

NASA Jet Propulsion Laboratory (JPL) (2020). *NASADEM Merged DEM Global 1 arc second V001* [Data set]. Accessed 2025-05-09,
http://dx.doi.org/10.5067/MEaSURES/NASADEM/NASADEM_HGT.001. Récupéré de
https://doi.org/10.5067/MEaSURES/NASADEM/NASADEM_HGT.001

NASA Science (2026). Which measurement is more accurate : taking earth's surface temperature from the ground or from space? <https://science.nasa.gov/climate-change/faq/which-measurement-is-more-accurate-taking-earths-surface-temperature-from-the-ground->
Consulté le 6 février 2026.

Norwegian Refugee Council et IDMC Grid (2021). Idmc's 2021 global report on internal displacement. <https://www.internal-displacement.org/publications/2021-global-report-on-internal-displacement-grid/>.

OECD (2023). *What role for migration and migrants in climate adaptation ?* Rapport technique 32, OECD

- Ombadi, M., Risser, M. D., Rhoades, A. M. et Varadharajan, C. (2023). A warming-induced reduction in snow fraction amplifies rainfall extremes. *Nature*, 619(7969), 305-310. <http://dx.doi.org/https://doi.org/10.1038/s41586-023-06092-7>
- Ortega, J. (2001). Pareto-improving immigration in an economy with equilibrium unemployment. *The Economic Journal*, 110(460), 92-112. <http://dx.doi.org/10.1111/1468-0297.00492>. Récupéré de <https://doi.org/10.1111/1468-0297.00492>
- Quiñones, E. J., Nobles, J., Riosmena, F. et Nawrotzki, R. (2023). Anticipatory migration responses to rural climate shocks. *AEA Papers and Proceedings*, 113, 367-71. <http://dx.doi.org/10.1257/pandp.20231127>. Récupéré de <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/pandp.20231127>
- Raleigh, C., Kishi, R. et Linke, A. (2023). Political instability patterns are obscured by conflict dataset scope conditions, sources, and coding choices. *Humanities and Social Sciences Communications*, 10(74), 1-17. <http://dx.doi.org/10.1057/s41599-023-01559-4>. Récupéré de <https://doi.org/10.1057/s41599-023-01559-4>
- Rodríguez-Pose, A. et Ketterer, T. D. (2012). Do local amenities affect the appeal of regions in europe for migrants? *Journal of Regional Science*, 52(4), 535-561. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-9787.2012.00779.x>
- Routson, C. C., McKay, N. P., Kaufman, D. S., Erb, M. P., Gooose, H., Shuman, B. N., Rodysill, J. R. et Ault, T. (2019). Mid-latitude net precipitation decreased with Arctic warming during the Holocene. *Nature*, 568(7750), 83-87. <http://dx.doi.org/10.1038/s41586-019-1060-3>. Récupéré de https://ideas.repec.org/a/nat/nature/v568y2019i7750d10.1038_s41586-019-1060-3.html
- Rozelle, S., Taylor, J. E. et deBrauw, A. (1999). Migration, remittances, and agricultural productivity in china. *American Economic Review*, 89(2), 287-291. <http://dx.doi.org/10.1257/aer.89.2.287>. Récupéré de <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/aer.89.2.287>
- Ruyssen, I. et Rayp, G. (2014). Determinants of intraregional migration in sub-saharan africa 1980-2000. *The Journal of Development Studies*, 50(3), 426-443. <http://dx.doi.org/10.1080/00220388.2013.866218>. Récupéré de <https://doi.org/10.1080/00220388.2013.866218>
- Schewel, K. et Asmamaw, L. B. (2021). Migration and development in ethiopia : Exploring the mechanisms behind an emerging mobility transition. *Migration Studies*, 9(4), 1673-1707. <http://dx.doi.org/10.1093/migration/mnab036>. Récupéré de <https://doi.org/10.1093/migration/mnab036>

- Schlenker, W., Hanemann, W. M. et Fisher, A. C. (2006). The Impact of Global Warming on U.S. Agriculture : An Econometric Analysis of Optimal Growing Conditions. *The Review of Economics and Statistics*, 88(1), 113-125.
<http://dx.doi.org/10.1162/rest.2006.88.1.113>. Récupéré de
<https://doi.org/10.1162/rest.2006.88.1.113>
- Sheldon, T. L. et Zhan, C. (2022). The impact of hurricanes and floods on domestic migration. *Journal of Environmental Economics and Management*, 115, 102726.
<http://dx.doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jeem.2022.102726>. Récupéré de
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S009506962200081X>
- Staiger, D. et Stock, J. H. (1997). Instrumental variables regression with weak instruments. *Econometrica*, 65(3), 557-586. Récupéré le 2025-06-26 de
<http://www.jstor.org/stable/2171753>
- Tiruneh, S. et Tegene, F. (2018). Impacts of climate change on livestock production and productivity and different adaptation strategies in ethiopia. *Journal of Applied and Advanced Research*, 3(3), 52-58.
<http://dx.doi.org/https://doi.org/10.21839/jaar.2018.v3i3.150>
- Todaro, M. P. (1969). A model of labor migration and urban unemployment in less developed countries. *The American Economic Review*, 59(1), 138-148. Récupéré le 2024-10-29 de
<http://www.jstor.org/stable/1811100>
- United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs (2022). Ethiopia administrative map : Administrative level 3 boundaries (adm3). Récupéré de
<https://www.humanitarianresponse.info/operations/ethiopia>
- United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs - Humanitarian Data Exchange (2024). Ethiopia - subnational administrative boundaries. Ethiopia administrative level 0-3 boundaries (COD-AB) dataset. Reviewed for accuracy and changes in December 2024. Improvements required. Récupéré de
<https://data.humdata.org/dataset/cod-ab-eth>
- van Weezel, S. (2019). On climate and conflict : Precipitation decline and communal conflict in ethiopia and kenya. *Journal of Peace Research*, 56(4), 514-528.
<http://dx.doi.org/10.1177/0022343319826409>. Récupéré de
<https://doi.org/10.1177/0022343319826409>
- Wang, K., Sun, J., Cheng, G. et Jiang, H. (2011). Effect of altitude and latitude on surface air temperature across the qinghai-tibet plateau. *Journal of Mountain Science*, 8, 808-816.
<http://dx.doi.org/10.1007/s11629-011-1090-2>

- Wodon, Q., Liverani, A., Joseph, G. et Bougnoux, N. (2014). *Climate Change and Migration : Evidence from the Middle East and North Africa*. Washington, DC : World Bank.
<http://dx.doi.org/10.1596/978-0-8213-9971-2>. Récupéré de
<http://dx.doi.org/10.1596/978-0-8213-9971-2>
- World Bank (2024). World development indicators. Last updated on 16 December 2024.
Récupéré de
<https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>
- Zegeye, H. (2018). Climate change in ethiopia : impacts, mitigation and adaptation. *International Journal of Research in Environmental Studies*, 5(1), 18-35.
- Zekarias, A. Y. et Zecharias, Y. Y. (2023). Migration as an adaptive strategy to climate change in ethiopia : Venturing into unexplored territories. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 20(3), 743-751.
<http://dx.doi.org/https://doi.org/10.30574/wjarr.2023.20.3.2530>
- Zhang, Y., Liu, L., Lan, M., Su, Z. et Wang, K. (2024). Climate change and economic policy uncertainty : Evidence from major countries around the world. *Economic Analysis and Policy*, 81, 1045-1060.
<http://dx.doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eap.2024.02.003>. Récupéré de
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0313592624000195>